edilizia

le finalità

il processo edilizio

enrico mandolesi

l'edilizia industrializzata

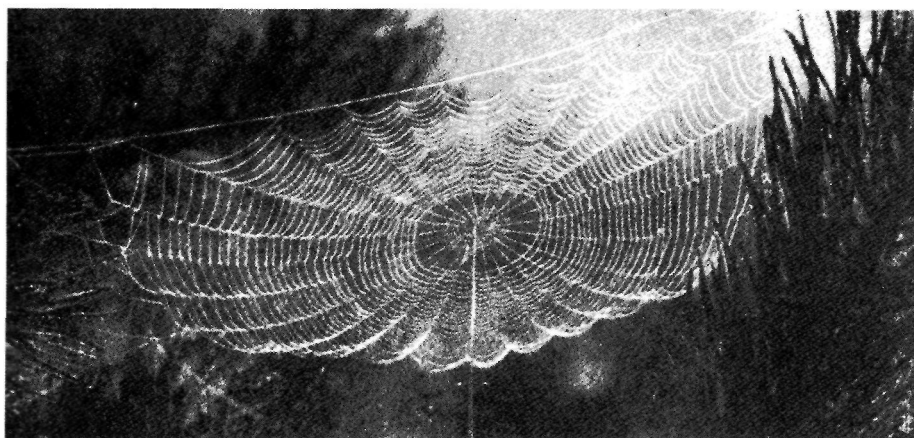
utet

l'edilizia del futuro

INDICE

Veduta di New York
lit. Shugg Brothers

A Patrizia e alle mie Figlie.

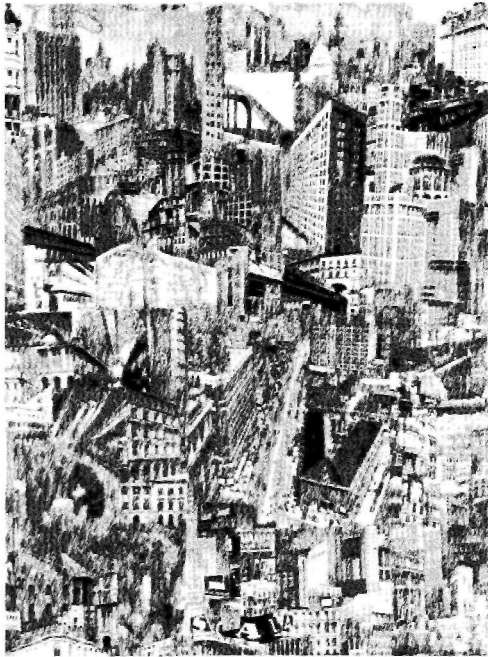
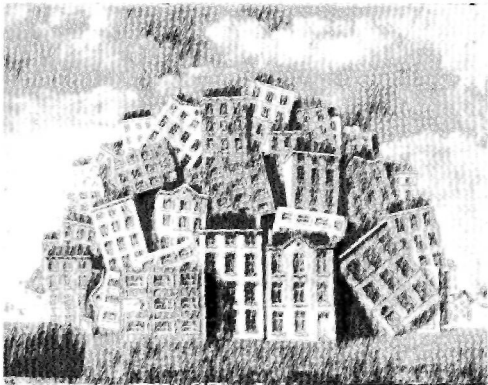
CAPITOLO 0

Motivazioni

Esporre le motivazioni di una qualsiasi iniziativa risulta sempre complesso e in genere implica un lungo discorso, che finisce per esulare dall'interesse diretto dell'autore; perciò si ritiene che evocare semplicemente delle immagini sia più efficace e comunque abbia il pregio della brevità.

Nell'osservare un ragno che tesse la tela con stupore si constata l'effetto di contemporaneità tra intenzionalità e fattibilità costruttiva: un indissolubile momento di un processo unitario. Ma non basta, ci si avvede che il ragno modifica costantemente la conformazione della tela in base ai vincoli che l'ambiente impone: una istintiva consapevolezza dei legami con il contesto risolta attraverso una flessibilità operativa. Cosa ancora più sensazionale il ragno consegue sempre la funzionalità e la sicurezza e, in genere, non diviene prigioniero della sua tela.

Si può dire altrettanto dell'uomo? Oggi certamente no: il degradamento ecologico, l'atmosfera soffocante e paralizzante che assume la struttura urbana, la parcellizzazione e la dequalificazione del lavoro intellettuale e manuale, l'esaltazione dei soli aspetti tecnologici e consumistici, il velleitarismo culturale e ideologico, sono tutti elementi di una «rete» che l'uomo sta costruendo per uccidere se stesso.

Certamente con l'opera, cui si dà inizio con questo primo volume, non si ha la pretesa di risolvere e tanto meno di analizzare in modo esaustivo tale problematica, si vuole soltanto dare, nell'ambito delle specifiche competenze dell'autore, un contributo che, seppure modesto, è indice dell'intenzione di muoversi secondo nuovi obiettivi.

Contenuti - Obiettivi - Limiti

" Metropoli " - P. Citroen

Nel momento attuale in cui si tende ad analizzare più l'insieme che i singoli aspetti di un problema si è ritenuto più conseguente affrontare il tema dell'edilizia come espressione di un lavoro, di una complessa attività dell'uomo, piuttosto che limitarlo alla tradizionale esposizione di particolari modalità costruttive od affrontarlo in termini di estetica.

È facilmente rilevabile che ampia e in continuo rinnovamento è la bibliografia volta all'architettura intesa come momento «estetico» del fare edilizio; emblematico in tal senso quanto dice il Pevsner: «Una tettoia per biciclette è un edificio. La cattedrale di Lincoln è un'opera di architettura...; il termine architettura conviene soltanto ad edifici concepiti in vista di un effetto estetico». (1)

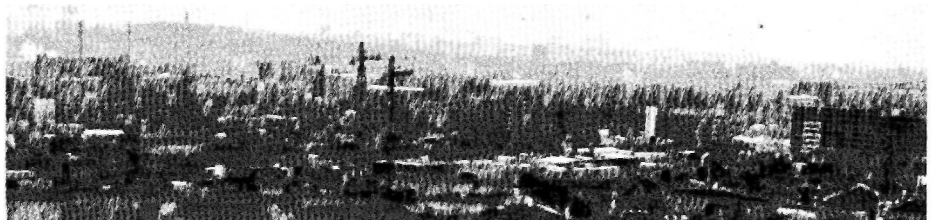
Altrettanto numerosi i testi volti ad illustrare l'arte del costruire, intesa come momento «autonomo» del fare edilizio, al di fuori di qualsiasi contestualità e, quindi, spesso con carattere manualistico o di « repertorio » di modalità costruttive consuete o nuove.

Al contrario scarsi, se non inesistenti, testi che trattino dell'edilizia in senso generale o, per usare un termine abusato, globale: «edilizia» intesa come prodotto di un processo complesso e articolato in contenuti e finalità, che coinvolge una molteplicità di protagonisti e sottende al tempo stesso istanze socio-economiche, scientifico-tecniche, ideologico-culturali.

Quindi non dovrebbe destare sorpresa se ai varii «saper vedere....» finora prodotti si vuole aggiungere un testo per «saper vedere l'edilizia»; testo che, in analogia agli altri, rifletterà, ovviamente, una interpretazione originale o, per meglio dire, personale dell'autore affrontando il tema secondo un certo filo logico e secondo criteri che potranno essere totalmente o in parte condivisi, o decisamente respinti, ma che comunque dovrebbero sollecitare nel lettore una reazione in termini globali e non settoriali.

In sostanza questo è l'obiettivo principale dell'opera, con la quale si vuole tentare di ricomporre le parti di un tutto, in questo caso l'edilizia, finora frammentato secondo aspetti separatamente visti e analizzati o, ancora peggio, ignorati.

" La Poitrine " - Magritte

A tal fine questo primo volume assume la veste di trattazione generale e introduttiva su di una tematica complessa e articolata, che nel contenere entro certi limiti la vastità implicita in ogni argomento tende a puntualizzarne i significati e i contenuti in un quadro di insieme costantemente acquisibile e secondo un arco espositivo sufficientemente sintetico. Ovviamente il pericolo nell'affrontare una trattazione generale è quello di essere accusati di genericità, o di schematismo; una tale eventualità è implicitamente superata se si tiene presente che questo volume apre una « serie » dedicata alla edilizia e rappresenta quindi la struttura di riferimento per successivi testi (con l'ausilio di più autori) nei quali verranno monograficamente approfonditi gli argomenti in esso puntualizzati ed enunciati. Naturalmente il favore che incontrerà il primo testo sarà determinante per il successivo sviluppo della «serie».

Questo volume è essenzialmente finalizzato a porre in rilievo le correlazioni che si hanno nell'ambito dell'attività edilizia, tentando una sua definizione « integrata» e una collocazione dei varii aspetti (finora « parcellizzati » in compartimenti stagni) secondo un quadro logico di riferimento.

In base alla puntualizzazione delle finalità si «vede» il fatto edilizio non più come avvenimento polarizzato solo sull'opera da costruire, ma come entità strettamente correlata al territorio, inteso soprattutto quale ambiente insediativo in cui l'uomo agisce in una complessa sfera di interessi e apporta una costante modificazione.

Si tende quindi a «ricucire» nel contesto territoriale le varie opere edilizie, dal manufatto all'edificio, all'opera infrastrutturale, alla struttura insediativa, analizzando il significato di «oggetto edilizio» e di «spazio costruito».

Si vuole sottolineare il legame indissolubile tra soddisfacimento delle esigenze abitative (nel significato più ampio del termine) e ragion d'essere dell'opera edilizia; legame che nell'attuale organizzazione sociale si estrinseca attraverso una risposta complessa a livello sociale, produttivo, tecnologico, progettuale ed economico, e caratterizza l'oggetto edilizio nelle capacità di prestazione e nelle tipologie.

Si cerca di cogliere il farsi dell'edilizia nell'ambito di un processo unitario (al di là di qualsiasi «parcellizzazione» o «delega») la cui struttura nasce da un insieme di operazioni correlate (dalla progettazione alla costruzione, alla gestione), implica la partecipazione di una molteplicità di protagonisti (dall'utente all'ente pubblico, dalla società immobiliare alla industria edilizia, dal professionista all'operaio), e richiede l'applicazione di congruenti procedimenti costruttivi.

La città vista da Steinberg

Il prodotto edilizio visto da Steinberg

Nell'affrontare in questo primo volume il processo edilizio si è, forse, dato un maggiore spazio ai procedimenti costruttivi, non tanto perché più congeniale alle esperienze e alle conoscenze dell'autore, quanto per cercare di ricondurre in modo più incisivo la loro analisi nell'ambito dell'azione-progetto.

A tal fine si è sviluppata l'analisi dei «materiali» e dei «procedimenti» come lettura in chiave di «costruibilità» dell'organismo edilizio (unica entità unificante e qualificante), rifiutando un'impostazione che conducesse ad uno sterile « ricettario» di materiali e di specifiche modalità costruttive.

Infatti obiettivo particolare è porre in evidenza la stretta correlazione tra oggetto ideato e fattibilità costruttiva: la «tecnica» non come momento separato ma implicito nell'azione-progetto. Si deve riconoscere che spessissimo vi è chi crede di aver compiuto il «progetto» con il rappresentare graficamente un organismo edilizio, indicandone soltanto la geometria della forma senza il minimo approfondimento sulla fattibilità costruttiva, anzi delegando questa «tout

court» ad altri, ai cosiddetti «tecnici» o «esperti», ignorando che il progettista (inteso sia come entità singola che di gruppo) non può non inglobare al tempo stesso il ruolo di tecnico (se ancora si vuole usare questo termine). Non si deve dimenticare che il termine architettura ha in se anche quello di τέχνη (2), altrimenti o si cade nell'accademia, o si sprofonda nel tecnicismo, ambedue forieri della totale perdita di qualsiasi contatto con la realtà in cui si opera.

È nota la persistente dicotomia sia a livello culturale sia operativo tra chi progetta e chi costruisce, confinando il primo ad agire in una sfera di astratto «formalismo» e attribuendo al secondo un potere determinante in nome di un «tecnicismo» alienante.

Nessuno pone in dubbio che uno scultore, come Moore, affronti con pienezza conoscitiva senza soluzione di continuità il binomio configurazione-conformazione dell'oggetto, l'intima coesione a livello creativo tra intenzionalità e fattibilità.

Moore al lavoro

E per richiamarsi ad una attività che ha connotazioni e un intrico di partecipazioni analoghe all'edilizia, è indubbio che il regista cinematografico, anche se opera in équipe, si appropria dello strumento filmico, anzi lo «inventa» dalla ripresa al montaggio.

Purtroppo la formazione culturale nell'ambito dell'edilizia ancora è tale da non riconoscere come unico momento unificante, di sintesi, l'azione-progetto, dando così luogo al credere che la tecnica è un fatto autonomo, scisso, da sommare successivamente all'intenzionalità di dare una forma, una «struttura» all'oggetto ipotizzato. In ultima analisi non si opera in termini di architettura e tanto meno di urbanistica, in quanto si persiste a non voler considerare la tecnica un fatto «naturale», organicamente proprio dell'azione-progetto, per tradurre in una realtà concreta l'oggetto ipotizzato.

Pollock al lavoro

Occorre infatti convincersi che l'intenzionalità di trasmettere un « messaggio » con determinate connotazioni implica necessariamente un modo, un procedimento per porlo in essere e che il modo, il procedimento, si struttura e si conforma in funzione di quel «messaggio» e non altri; perciò non è possibile il processo inverso, altrimenti si corre il rischio di risultare «muti» o, ancora peggio, di trasmettere vuoti o falsi messaggi.

In questo senso è emblematica la lezione di Eduardo de Filippo nel film « L'oro di Napoli » (da un libro di G. Maratta) sull'arte del « pernacchio », in cui mostra con straordinaria efficacia come a seconda del significato, del «contenuto» che si vuole dare al «verso» occorra inventare uno specifico modo per ottenerlo.

Fellini sul set

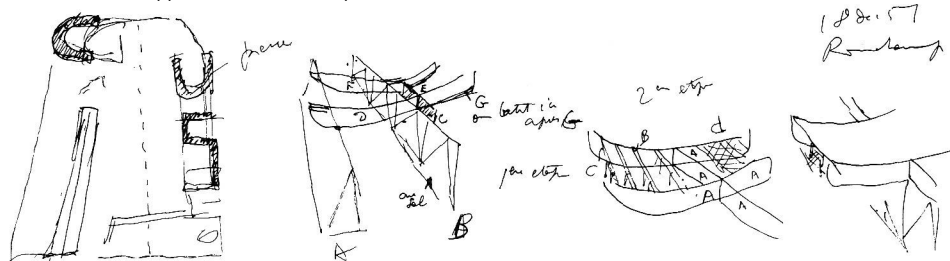
Nel momento attuale lo sviluppo tecnologico, in particolare l'industrializzazione edilizia, tende, se male inteso, con la sua carica neo-positivista a dicotomizzare ulteriormente l'aspetto tecnico-costruttivo dal fare architettonico e urbanistico, conducendo a sostituire definitivamente un processo di sintesi con un processo per «sommatoria».

I procedimenti e gli elementi costruttivi, considerati erroneamente come entità autosufficienti e aprioristicamente definite, vengono in sostanza assimilati a prodotti da «super market» da prelevare, da porre sul carrello-cestino e da impacchettare a formare casualmente il «menù» dell'operazione «progetto-costruzione», dimentichi di tutte le implicazioni a livello sociale e culturale insite nel bene edilizio e che l'organismo edilizio (alle varie scale di intervento) nella sua unità e nelle sue finalizzazioni costituisce comunque l'unico elemento qualificante.

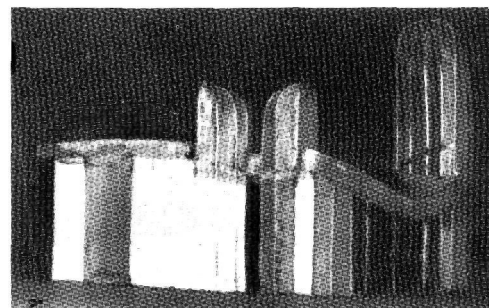
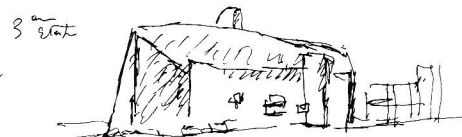
In questa ottica si è trattato il capitolo riguardante i «materiali» ed i «procedimenti costruttivi», cercando di evidenziare che debbono essere analizzati in costante riferimento con l'organismo edilizio e, quindi, che sono conseguenzialmente caratterizzati di volta in volta da una precisa intenzionalità progettuale.

Proprio a questo fine si è fatto costante riferimento alla produzione edilizia di comunità primitive, dove più immediata e riconoscibile è la connessione tra obbiettivo e modo realizzativo e si sono puntualizzati dei «principi» per predisporre il lettore ad analizzare dalle radici il fatto progettuale-costruttivo, al limite come fatto gestuale e intuitivo.

Si è preferita la via dei « principi », intesi come punto di riferimento, di partenza che, ovviamente, la concretezza dell'azione-progetto renderà flessibili e congruenti con la realtà operativa, anziché la via della descrizione manualistica di tecniche costruttive, in quanto questa avrebbe di fatto negato l'obiettivo prefissato: condurre il lettore al convincimento che il progettista debba «saper vedere» la costruibilità dell'oggetto attraverso una metodologia di lavoro che non è prefissabile a priori, ma nasce di volta in volta in base agli obiettivi che si intendono proseguire nel processo progettuale.

Genesi della cappella di Rosschamp - Le Corbusier

Con la medesima impostazione sono state redatte la III parte, sull'«edilizia industrializzata», e la IV, sull'«edilizia del futuro».

Si è dato uno spazio specifico all'«edilizia industrializzata», oltre che per l'attualità del tema, soprattutto per smitizzarla e ricondurla nell'alveo che le compete, cioè di normale procedimento, come tanti altri; perciò è trattata in modo del tutto elementare senza attribuirle particolari « cariche » contenutistiche e di obiettivi, considerandola ormai patrimonio della routine professionale e non appannaggio di un'elite di esperti e di competenze sofisticate. Questo certamente non vuol dire disconoscere le specificità scientifiche dell'argomento, che d'altra parte ha già un'ampia bibliografia da giustificare una trattazione meno specialistica.

Analogamente nella parte dedicata all'«edilizia del futuro» si vuole ulteriormente porre in evidenza, accennando ad un campo nuovo che presuppone nuove modalità operative, come l'edilizia debba essere considerata nei suoi aspetti globali, nell'ambito del processo insediativo che la sottende, al fine di non continuare in azioni che tendono a distruggere l'habitat dell'uomo in nome del mito tecnologico. Per combattere questo mito occorre avere conoscenza appropriata della tecnologia per ricondurla entro i limiti che le competono e riciclarla in una visione contestualmente più ampia ed «umana».

Chiave di lettura

Considerato che i lettori di oggi, specie i giovani, formati o, per meglio dire, condizionati da mass-media, sono più disposti ad acquisire le conoscenze attraverso la visione, piuttosto che dalla «tradizionale» lettura, si è ritenuto più congeniale agli obbiettivi della presente opera sviluppare, dapprima, un testo che esponesse nel modo più sintetico possibile i vari argomenti con costanti e corrispondenti «richiami» visivi ai contenuti (impaginato su due colonne: una scritta ed una di immagini) e, poi, inserire una serie di «tavole» (accorpate per capitoli), le quali riproponessero sotto forma di esempi reali quanto detto nel testo, in modo da suscitare spontaneamente nel lettore un processo di analisi. Le «tavole» sono dotate di commenti, più che di semplici didascalie, che a seconda dei casi ribadiscono o ampliano quanto precedentemente enunciato; si può dire che si hanno due testi in parallelo, uno più sintetico, l'altro più volto all'analisi.

In pratica, sotto altra forma, si segue l'impostazione del settimanale a rotocalco, che può essere «letto», specie nel primo approccio (sfogliando), semplicemente per immagini, le quali se opportunamente dosate e commentate (talvolta provocatorie) invogliano a prendere conoscenza puntuale dello scritto.

Sempre in base a tale impostazione nel capitolo dedicato ai « materiali » ed ai «procedimenti» si è inteso interpretare i vari contenuti a mano a mano enunciati con i disegni originali dell'ing. Maurizio Quoiani, per sollecitare nel lettore la convinzione che il mezzo grafico, qualora non si esaurisca in se stesso, è un mezzo efficace dì studio e dì analisi, a conferma che il «disegno» (nel senso più ampio del termine), in quanto operazione di sintesi, è determinante nel processo progettuale, al pari di altre conoscenze fondamentali.

Invio alle stampe

Nel dare alle stampe questo primo volume della «serie» dedicata all'edilizia, per l'attualità e per l'importanza dei problemi che sottende, si confida che possa avere il consenso dei lettori; naturalmente consenso in termini dialettici, cioè comprensivo di eventuali critiche costruttive in modo da facilitare «l'aggiustamento del tiro» nei prossimi volumi.

Nel chiudere il capitolo 0 (3) non può mancare un ringraziamento a tutti coloro che hanno cortesemente fornito il materiale illustrativo e un particolare riconoscimento all'ing. Antonio Frattari che ha intensamente collaborato per la impaginazione e l'illustrazione dell'opera.

Note

(1) Introduzione a «Storia dell'architettura europea», N. Pevsner - Ed. Laterza - Bari - 1959.

(2) τέχνη in greco può significare: modo, abilità, destrezza, mezzo, artifizio, arte. In latino il termine corrispondente che si usa è *ars:* arte, professione, mestiere, maestria, disciplina, scienza, mezzo, lavoro, opera d'arte, artifizio, dote, qualità *(techna* vuol dire: astuzia, imbroglio): nei vocabolari dall'italiano al latinofecn/co viene tradotto con: agg.*ad artem pertinens;* sost., *artisperitus.* τέχνη e *ars* per il mondo greco e romano non hanno sostanziali differenze di significato; significato che resta praticamente immutato fin quando si è operato in una sfera artigianale. Si può dire che lintroduzione del termine *tecnica* è conseguente alla concezione illuminista, in particolare alla distinzione tra art/ *liberali e arti meccaniche*- l'industrialismo, nel frantumare l'unitarietà culturale del processo artigianale, ha fatto proprio il termine in nome dell'efficientismo produttivo ed economico, dando luogo alla dicotomia tra arte e tecnica, tra artista e tecnico (per l'edilizia: l'architetto e l'ingegnere).

(3) Si è preferita la dizione capitolo 0 poiché il lettore, in genere, è portato a « saltare » l'introduzione, considerandone superflua la lettura, a tutto nocumento per un'appropriata comprensione degli obiettivi e dei limiti dell'opera.

PARTE PRIMA

FINALITÀ

GENERALITÀ

Nella sua accezione più ampia *edilizia* sta a significare *l'attività e le opere dell'uomo per rendere il territorio agibile a fini insediativi.*

L'edilizia, intesa come attività, investe la complessa sfera di interessi (politici, economici, giuridici, tecnici, scientifici, artistici, sociali, ecc.) rivolta alla determinazione dell'assetto territoriale, ed ha per oggetto la costruzione di tutto ciò che è necessario per consentire l'insediamento umano.

Dovendo considerare il rapporto tra *edilizia* ed *architettura,* si può senz'altro affermare che la prima indica genericamente l'ambito entro il quale la seconda si manifesta come attività artistica nel suo significato più ampio, comprendente cioè non soltanto i valori estetici ma anche quelli tecnico-scientifici e socio-politici in essa necessariamente impliciti.

In sostanza *edilizia* sta ad *architettura* come *spettacolo* sta ad *arte drammatica o cinematografica.*

L'edilizia costituisce il momento operativo che traduce in una realtà «costruita» l'assetto del territorio; l'edilizia è il «farsi» della pianificazione urbanistica. Ciò sta a significare che l'agire in campo edilizio non può essere sottratto ad una visione sul piano urbanistico; *l'edilizia* implica pertanto anche aspetti progettuali ed esecutivi dell'*urbanistica.*

Fig. 1. Il territorio è il contesto operativo dell'edilizia.

L'OGGETTO EDILIZIO

L'*edilizia,* in quanto « insieme » delle opere costruite dall'uomo, non può certo identificarsi soltanto negli «edifici pubblici e privati», come tradizionalmente viene detto in enciclopedie e testi.

Una tale identificazione pecca di esteriorità e si rivela particolaristica e non esauriente: in effetti l'*edilizia* risulterebbe una «sommatoria» di edifici singolarmente intesi, ignorando qualsiasi implicazione a livello d'insieme. In ultima analisi *edilizia* sarebbe un termine che non comprenderebbe la «struttura urbana».

Per opera edilizia non si può semplicisticamente intendere « la costruzione di quattro muri e un tetto » al di fuori di qualsiasi relazione con l'assetto del territorio, che essa stessa tende a determinare; l'opera edilizia investe l'insediamento abitativo nella sua Struttura globale e si identifica in oggetti edilizi di diversa natura caratterizzanti l'insediamento stesso.

Oggetto edilizio è un qualsiasi «spazio costruito» *o* una qualsiasi «opera infrastrutturale» che concorra a determinare un intervento ìnsediativo.

Per «spazio costruito» si intende il luogo e l'ambiente che l'uomo crea artificialmente per poter svolgere determinate attività; in tal senso sono da considerare oggetti edilizi: il semplice manufatto delimitante uno spazio racchiuso ma scoperto (recinti, muri di cinta, fossati, ecc.); i luoghi di riunione all'aperto (arene, stadi, teatri e cinema all'aperto, impianti sportivi scoperti, drive-in, aree di mercato, ecc.); gli ambienti chiusi, cioè gli edifici in senso stretto (dal fabbricato agricolo allo stabilimento industriale, dalla casa d'abitazione all'albergo, dal palazzo di giustizia all'aerostazione, dalla scuola all'ospedale e così via); gli spazi coperti ma aperti (tettoie protettive, pensiline, porticati ecc.); la tenda e la mobil-house; gli insediamenti agricoli sparsi (fabbricati isolati sul fondo ma completi di tutti i manufatti accessori), gli insediamenti industriali, i nuclei e le unità residenziali (complessi di abitazione dotati dei servizi primari e secondari), i quartieri ed infine la città, cioè la struttura urbana come organico insieme di «spazi costruiti» e relative opere di servizio per la viabilità e la distribuzione dell'energia. (Vedi da Tav. 1 a Tav. 4)

In definitiva lo «spazio costruito», come oggetto edilizio, va considerato alle varie scale di intervento:

Fig. 2.

Le opere edilizie come elementi del processo ìnsediativo: il tessuto «aggregativo» (fig. 2); le grandi opere infrastnitturali (fig. 3).

Fig. 3.

dal singolo manufatto all'organismo edilizio, fino alla struttura urbana.

Per «infrastrutture» si intendono le opere edilizie necessarie per consentire la realizzazione e la razionale fruizione degli «spazi costruiti»; quindi sono indispensabili per assicurare il buon funzionamento dell'insieme abitativo ai vari livelli:

— a livello di organismo edilizio, le infrastrutture sono rappresentate dalle sistemazioni esterne, dalle strade d'accesso e dai parcheggi, dagli allacci per i vari servizi; (vedi Tav. 5)

— a livello di struttura urbana, le infrastrutture principali sono le opere per la viabilità, le reti di distribuzione dei vari servizi (energia, fogne, acqua, telecomunicazioni); (vedi Tav. 5)

— a livello territoriale, le infrastrutture si identificano con le grandi opere di comunicazione (strade, ferrovie, ponti, viadotti, porti, aeroporti), con le costruzioni idrauliche e con i grandi impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia. (Vedi Tavv. 6-7)

Per quanto detto si ritiene che il termine *edilizia* non possa riferirsi soltanto agli edifici in senso stretto, ma debba comprendere in sé tutto il «contesto costruito»; contesto che non può essere arbitrariamente disaggregato perché ha una sua logica unità:

spazio costruito + infrastrutture.

A conferma di ciò basterà fare un esempio che, proprio per la sua particolarità, dimostra l'impossibilità di scindere l'opera stradale da quella abitativa ed evidenzia quindi come ambedue confluiscano nell'opera edilizia: il Ponte Vecchio di Firenze (fig. 6).

Altro esempio emblematico, a conferma che oggetto edilizio non possa essere considerato soltanto l'edificio, è la Muraglia Cinese, che certamente edificio non è, ma che sicuramente è opera edilizia in quanto tende a racchiudere uno spazio, a livello territoriale, in qualità di grande infrastruttura difensiva (fig. 7).

D'altra parte, come vedremo in seguito, l'industria edilizia ha sempre riguardato, oltre le costruzioni degli edifici, anche le costruzioni relative alle sistemazioni idrauliche, agli impianti idroelettrici, ai lavori stradali, ferroviari e portuali, alle opere di bonifica, ecc.; inoltre si sottolinea che il sostantivo *edile* si riferisce oggi, con il linguaggio sindacale, a chi lavora nell'industria edilizia per tutte le opere sopracitate.

Tutto ciò è ulteriore conferma, sul piano operativo, che l'*edilizia* ha per oggetto la costruzione, in senso

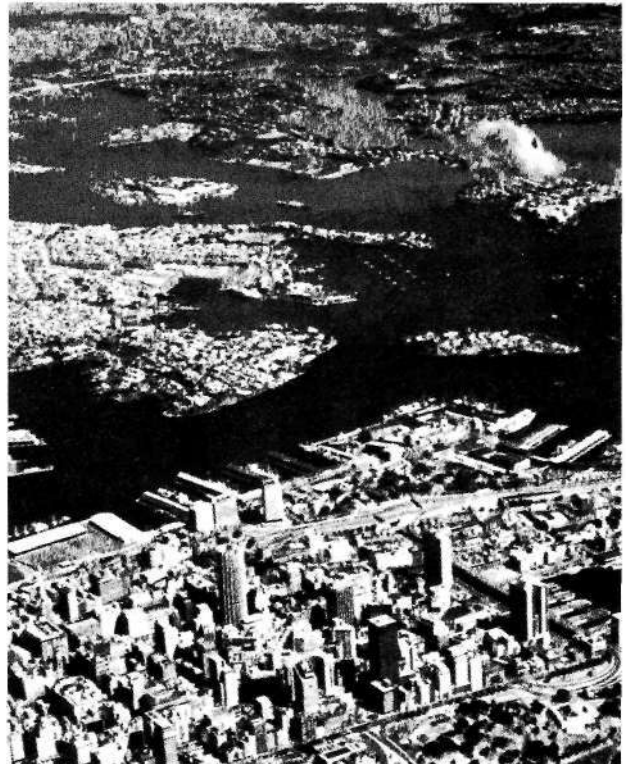
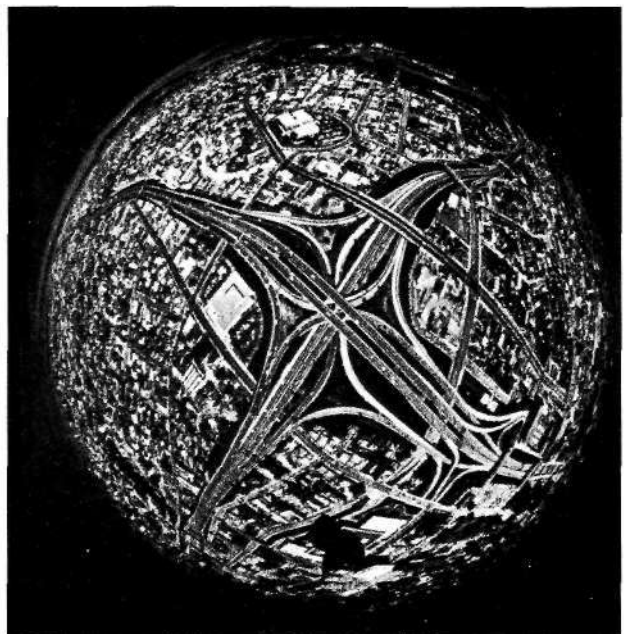



Fig. 4. La struttura urbana come «insieme» di organismi edilizi e di opere infrastrutturali (veduta di Sidney).

Fig. 5. La globalità dell'intervento edilizio.

globale, degli organismi, degli insediamenti abitativi e delle relative infrastrutture.

Riepilogando, si può affermare che *l'edilizia* ha per scopo la realizzazione sia dell'*organismo edilizio,* inteso come «spazio costruito» con le relative infrastrutture (dal singolo edificio alla unità abitativa, sino alla struttura urbana), sia delle *infrastrutture a livello territoriale* (opere stradali, ferroviarie, marittime, idrauliche, ponti, viadotti, ecc.).

Fig. 6. Ponte Vecchio.

Nel considerare l'organismo e le infrastrutture si è individuato l'oggetto *edilizio come prodotto finale* dell'attività edilizia; tuttavia occorre anche considerare, come vedremo meglio in seguito, che nell'ambito del processo edilizio vengono prodotti e posti sul mercato materiali ed elementi costruttivi da utilizzare in qualità di *subcomponenti* e *componenti* delle opere da realizzare. In tal senso si può parlare di produzione di *oggetti edilizi intermedi* (prodotti di cava, conci laterizi, pannelli, travi da ponte, ecc.) che l'attività edilizia comunque richiede per la realizzazione degli *oggetti edilizi finali,* organismi od infrastrutture che siano, (vedi Tav. 8)

Nella trattazione che segue si farà riferimento principalmente all'organismo edilizio, non tralasciando richiami generali alle opere infrastrutturali, per le quali si rimanda ai testi specializzati.

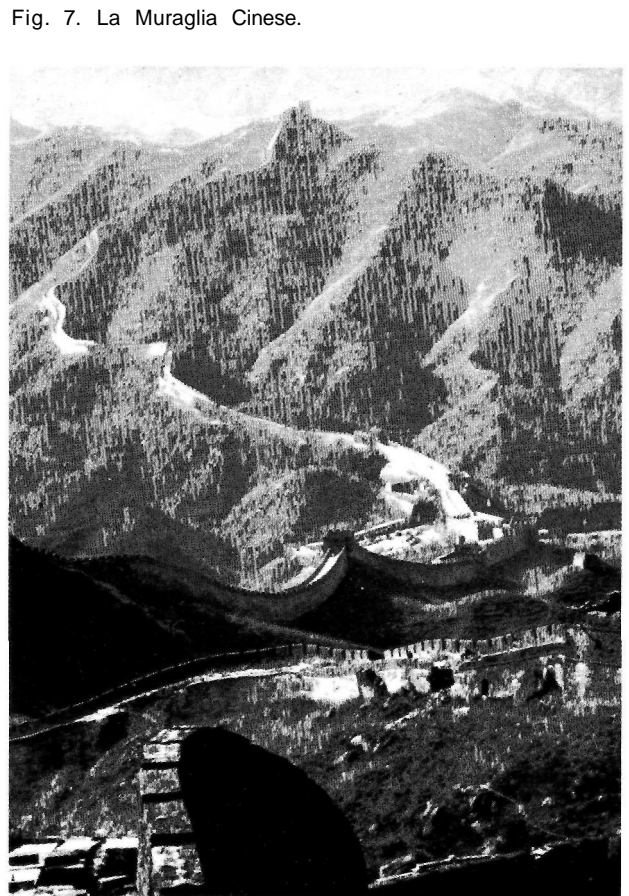
Fig. 7. La Muraglia Cinese.

EDILIZIA ED ESIGENZE ABITATIVE

Essendo fine ultimo dell'edilizia la realizzazione di «spazi costruiti» per consentire all'uomo lo svolgimento di determinate attività, è evidente come l'oggetto edilizio finale, non possa che essere caratterizzato dalle esigenze abitative che si intende con esso soddisfare.

Da qui ne consegue qualsiasi aggettivazione che qualifica il termine edilizia: residenziale, agricola, industriale, sanitaria, scolastica, sportiva, amministrativa, commerciale, stradale, ferroviaria, aeroportuale, marittima e così via.

In breve, qualsiasi attività umana che richiede uno «spazio costruito » può dare luogo ad una precisazio-

ne degli scopi dell'opera edilizia; tuttavia questo non deve significare classificazione « chiusa » dell'organismo edilizio, cioè configurazione aprioristica di tipologie architettoniche, e quindi anche costruttive e funzionali.

Pertanto qualsiasi aggettivazione, come ad esempio edilizia residenziale od ospedaliera, sta ad indicare soltanto un settore d'intervento più che a prefigurare oggetti edilizi specifici, che soltanto il processo progettuale, in rapporto ad un preciso momento storico, potrà definire e rendere eventualmente tipizzabilì.

D'altronde è attualmente in atto la tendenza a superare la classificazione manualistica ed ottocentesca che identifica l'oggetto edilizio soltanto come entità singola ed autonoma (la chiesa, la casa, la biblioteca, il ponte, ecc.) per considerarlo invece come «cellula» di un tessuto più ampio, componente di un sistema complesso; tendenza che conduce a superare una visione stereotipa e disaggregata delle esigenze e delle attività umane.

In realtà le classificazioni per settore d'intervento (edilizia residenziale, ospedaliera, agricola, ecc.) e l'individuazione di categorie di edifici (case di abitazione, chiese, palazzi per uffici, ecc.) stanno ad indicare semplicemente la *destinazione d'uso* dell'opera edilizia.

Destinazione d'uso che, lasciando al momento progettuale la definizione puntuale ed oggettiva dell'organismo edilizio, implica l'individuare, in base ad un preciso contesto socio-economico ed ambientale, le caratteristiche e le capacità di prestazione che l'organismo edilizio dovrà possedere in rapporto a:

— *esigenze di agibilità;* da analizzare ai fini della conformazione dello spazio e della determinazione del comfort ambientale, in funzione delle attività che in tale spazio devono essere svolte;

— *esigenze urbanistiche;* da tener presenti ai fini dell'inserimento dell'organismo edilizio nel contesto insediativo (agricolo, industriale, urbano, ecc.) che lo comprende e che esso stesso concorre a determinare;

— *esigenze di sicurezza e di comfort;* da considerare ai fini della determinazione degli attributi di qualità dei materiali impiegati nella costruzione;

— *esigenze economiche;* da valutare ai fini dei programmi finanziari e della definizione dei costi.

Le caratteristiche e le capacità di prestazione del bene edilizio nell'attuale organizzazione della società

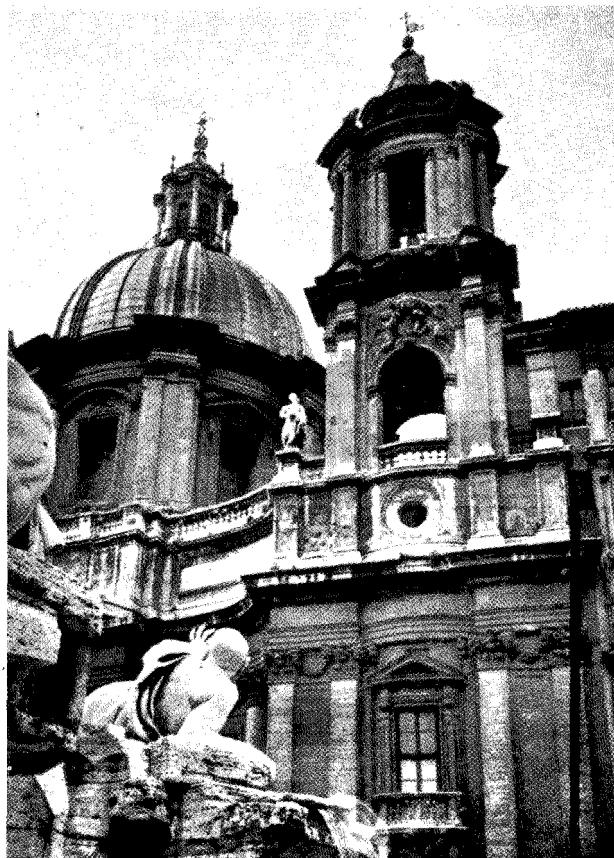
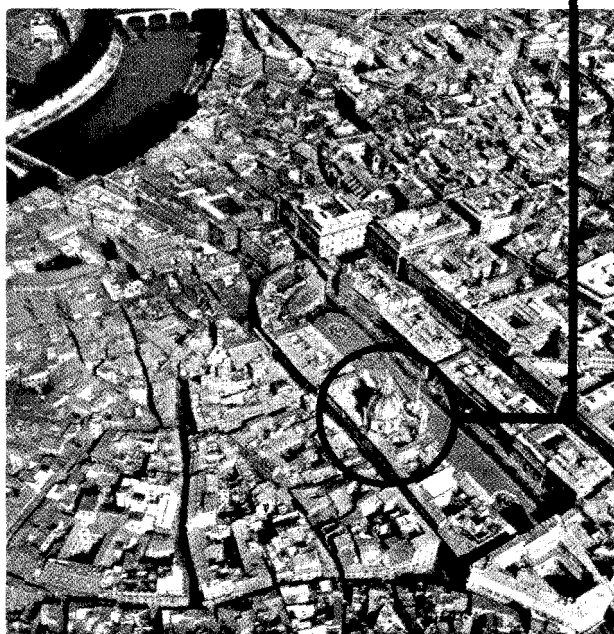



Fig. 8.

L'oggetto edilizio come «cellula» di un tessuto più ampio: S. Agnese del Borromini nel contesto del centro storico di Roma.

Fig. 9.

si traducono in norme generali, in definizione di standards, e ancora in regolamenti, fino a comprendere veri e propri atti di programmazione e pianificazione.

È evidente come tutto ciò non accadesse nelle civiltà primitive, dove il singolo e la collettività provvedevano direttamente a programmare, progettare ed eseguire le opere edilizie: in ultima analisi l'utente stesso gestiva l'intero processo edilizio.

Invece l'attuale organizzazione sociale, con la parcellizzazione del processo edilizio in settori ed aree di «specifiche» competenze, vede come attori distinti, spesso contrapposti, gli utenti, i progettisti, la committenza, la produzione degli oggetti edilizi intermedi, le imprese costruttrici, l'apparato amministrativo e di controllo; questa serie di competenze diversificate e la successione di deleghe operative che ne consegue obbligano, per garantire l'utente finale e per regolare al tempo stesso l'attività degli operatori, ad individuare normative e strumenti regolatori.

Esigenze di agibilità e standards edilizi.

Ciò con cui si tende a definire i requisiti che deve possedere l'organismo edilizio in funzione delle « esigenze di agibilità» è rappresentato dagli «standards edilizi ». Questi, in genere, vengono definiti per settore (per la residenza, per la sanità, per la scuola, ecc.) sia dagli organi pubblici di programmazione e controllo a livello nazionale e regionale (ad esempio il Ministero dei LL.PP., assessorati regionali alle 00.PP.) che emanano apposite leggi, sia dagli organi di committenza pubblici e privati mediante la formulazione di una normativa (ad esempio le norme GESCAL per l'edilizia economica e popolare, la normativa scolastica prodotta dal Centro Studi del ministero P.I.).

Gli standards edilizi normalmente comprendono:

— dati quantitativi a carattere dimensionale (superfici e/o volumi) sia complessivi (per un organismo edilizio o per un insieme di organismi) sia parziali (per reparti e singoli locali);

— dotazione minima di locali, accessori, impianti e sistemazioni esterne necessari per un razionale funzionamento;

— «modelli» orientativi e schematici per l'organizzazione dello spazio interno sia per singolo ambiente o zona sia per aggregazioni di più ambienti o zone;

— requisiti qualitativi sia a livello globale (indicazioni

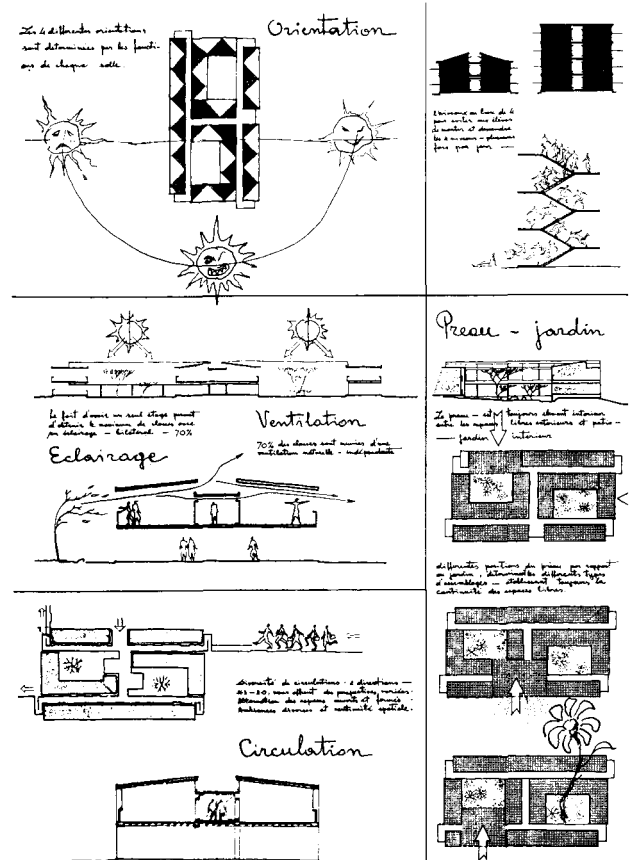



Fig. 10. Studio di un modello per l'organizzazione dello spazio scolastico (Archh. G. Candillis, A. Josic, S. Woods).

Fig. 11. Standards per l'edilizia scolastica: stralcio dalle norme italiane D. M. 28-12-1975.

DISTANZE E TEMPI DI PERCORRENZA MASSIMI, DIMENSIONE MINIMA E MASSIMA DELL'EDIFICIO (Riferimento al testo 1.1.3 e 1.2.2)

		TIPO DI SCUOLA			
		Scuole materne	Scuole elementari	Scuole medie	Scuole secondarie superiori
1	Distanze massime (a piedi) m	300	500	1000	—
	Tempi di percorrenza massima (con mezzi di trasporto)	—	15 minuti	15÷30 minuti	20÷45 minuti
2	Dimensioni dell'edificio:				
	Massima				
	Numero alunni	270	625	720	1500
	Numero sezioni o classi	9 sez.	25 cl.	24 cl.	60 cl.
	Minima				
	Numero alunni	15	75	150	250
	Numero sezioni o classi	3 sez.	5 cl.	6 cl.	10 cl.

Tabella 2

AMPIEZZA MINIMA DELL'AREA NECESSARIA ALLA COSTRUZIONE DI UN EDIFICIO SCOLASTICO PER TIPI DI SCUOLE E PER NUMERO DI CLASSI (Riferimento al testo 2.1.2)

Numero classi o sezioni	Scuola materna			Scuola elementare			Scuola media			Liceo classico, Liceo scientif., Istit. magistrale, Istit. tecnico commerciale (*) e Istituto tecnico per geometri (**)		
	superf. totale m²	per sezione m²	per alunno m²	superficie totale m²	per classe m²	per alunno m²	superficie totale m²	per classe m²	per alunno m²	superficie totale m²	per classe m²	per alunno m²
1	1.500	1.500	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	1.500	750	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	2.250	750	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	3.000	750	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	3.750	750	25	2.295	459	18,33	—	—	—	—	—	—
6	4.500	750	25	2.755	459	18,33	4.050	675	27.00	—	—	—
7	5.250	750	25	3.215	459	18,33	4.375	625	25,00	—	—	—
8	6.000	750	25	3.675	459	18,33	4.960	620	24,80	—	—	—
9	6.750	750	25	4.130	459	18,33	5.490	610	24,40	—	—	—
10	—	—	—	5.670	567	22,71	5.870	587	23,50	6.620	662	26,50
11	—	—	—	6.140	558	22,32	6.490	590	23,60	7.227	657	26,30
12	—	—	—	6.590	549	21,96	6.840	570	22,80	7 800	650	26,00
13	—	—	—	7.060	543	21,72	7.215	555	22,20	8 190	630	25,20
14	—	—	—	7.520	537	21,48	7.840	560	22,40	8 568	612	24,50
15	—	—	—	7.965	531	21,24	8.175	545	21,80	9.000	600	24,00
16	—	—	—	8.430	527	21,08	8.640	540	21,60	9 840	615	24,60
17	—	—	—	8.875	522	20,88	8.925	525	21,00	10 200	600	24,00
18	—	—	—	9.340	519	20,76	9.306	517	20,70	10.656	592	23,70
19	—	—	—	9.805	516	20,64	9.728	512	20,50	11.058	582	23,30
20	—	—	—	10.260	513	20,52	10.100	505	20,20	11.500	575	23,00
21	—	—	—	10.710	510	20,40	11.500	550	22,00	13.545	645	25,80
22	—	—	—	11.155	507	20.28	11.990	545	21,80	13.904	632	25,30
23	—	—	—	11.615	505	20,20	12.351	537	21,50	14.375	625	25,00
24	—	—	—	12.095	504	20,16	12.600	525	21,00	14.760	615	24,60
25	—	—	—	12.550	502	20,08	—	—	—	15.125	605	24,20
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17.850	595	23,80
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21.175	605	24,20
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23.800	595	23,80
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29.000	580	23,20
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33.900	565	22,60

sul «modello» abitativo che si persegue) sia a livello di singolo locale (ai fini del comfort ambientale).

Esigenze urbanistiche e standards urbanistici.

Per la rispondenza alle esigenze urbanistiche sia dell'insieme abitativo che del singolo organismo edilizio si individuano gli standards urbanistici che, emanati con apposite leggi a livello nazionale e regionale o prodotti attraverso regolamenti di organi ed enti pubblici di committenza, in genere specificano:

— le esigenze di spazio abitativo a livello territoriale e fondiario (ad esempio, indici di densità: ab/ha, mq/ab; indici di superficie per le aree edificabili, per le aree a verde, per la viabilità ed i parcheggi, per le attrezzature collettive);

— indici di costruibilità (ad esempio, il volume edificabilc per unità di superficie: mc/mq; il numero max di piani; le altezze max dei corpi di fabbrica);

— indici generali relativi ad esigenze igienico-ambientali (ad esempio, orientamenti preferenziali, distacchi minimi fra corpi di fabbrica, cubatura minima per ambiente abitabile, minimi per l'altezza libera di piano);

— caratteristiche quantitative e qualitative delle opere infrastrutturali (strade, fognature, impianti, ecc.);

— indici e caratteristiche principali delle costruzioni al servizio della collettività (ad esempio, per l'edilizia residenziale il fabbisogno minimo di: scuole, impianti sportivi, edifici sociali e per il culto, complessi commerciali ed amministrativi);

— caratteristiche di conformazione piano-volumetrica degli edifici (indicazione dei «tipi edilizi»).

A livello di assetto territoriale l'edilizia è regolata, oltre che dagli standards urbanistici, anche attraverso leggi generali sull'urbanistica (nazionali e regionali), leggi e norme specifiche per settori (leggi per lo sviluppo di aree residenziali, turistiche, industriali, ecc.; leggi per gli interventi nei centri storici e la conservazione degli edifici; leggi per l'edilizia scolastica e sanitaria; ecc.). Inoltre l'edilizia è pianificata mediante atti e strumenti a livello regionale, comprensoriale, intercomunale e comunale: i piani regionali, i piani comprensoriali ed intercomunali, i piani regolatori comunali (generali e particolareggiati), i piani settoriali (turistici, industriali, agricoli, ecc.), le norme di attuazione relative a ciascuno dei piani sopracitati.

In particolare, mediante i piani regolatori (defini-

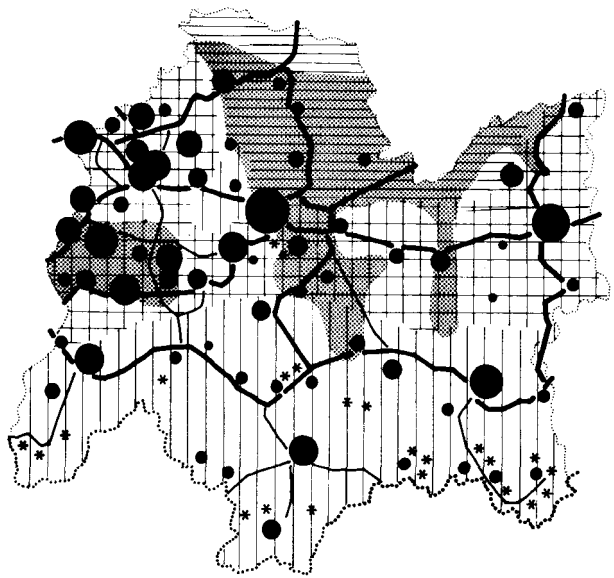
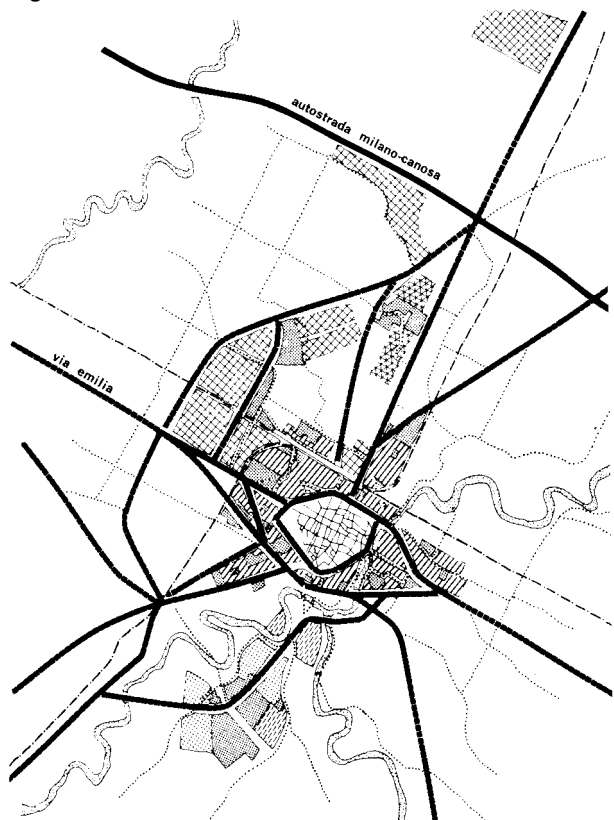



Fig. 12.

Gli strumenti urbanistici regolano l'attività edilizia: piano regionale per il Voivodato di Cracovia, 1961 (fig. 12); piano regolatore di Faenza (fig. 13).

Fig. 13.

zione dello «zoning») ed i piani particolareggiati (definizione piano-volumetrica dell'intervento edilizio) si configura, prima, e si definisce, poi, la destinazione d'uso dei complessi edilizi e dei singoli organismi.

Il «regolamento edilizio» emanato dalle amministrazioni comunali costituisce uno strumento pianificatorio che dovrebbe porre in correlazione, nell'ambito della pianificazione a livello comunale, gli standards edilizi e quelli urbanistici.

Esigenze di sicurezza e di comfort.

Per soddisfare alle esigenze di sicurezza, cioè per garantire l'incolumità sia dell'utente quando l'opera edilizia è in esercizio sia del lavoratore nella fase costruttiva, vengono emanate a livello regionale e nazionale delle norme edilizie che riguardano specialmente le capacità di prestazione che debbono possedere: i materiali base (ad esempio, norme sui calcestruzzi ordinari e leggeri, norme sulle capacità di resistenza dei materiali in laterizio, ecc.); gli elementi costruttivi isolatamente considerati (ad esempio, norme sulla capacità di resistenza di travi portanti, di pannelli-facciata portanti, norme sulla resistenza al fuoco, ecc.); insiemi di elementi costruttivi (ad esempio, norme relative alla costruzione di ossature portanti in c.a., sia a scheletro che a pannelli, norme sulle costruzioni metalliche, ecc.).

Inoltre vengono predisposte: norme relative a particolari condizioni di sollecitazione esterna (ad esempio, norme antisismiche); norme specifiche per gli impianti (ad esempio, norme relative ai locali per centrali termiche); norme che riguardano la sicurezza dell'utente nei confronti dell'agibilità (ad esempio, norme relative allo sfollamento in caso d'incendio di edifici per lo spettacolo); norme per la sicurezza sul lavoro (ad esempio, norme relative alle opere provvisionali di ponteggio).

Per quanto riguarda il comfort si provvede mediante una normativa a livello generale, nazionale o regionale, o mediante normative specifiche per destinazione d'uso (scuole, ospedali, abitazioni, ecc.), in modo tale da consentire l'individuazione delle capacità di prestazione, non soltanto a livello di singoli elementi costruttivi (ad esempio, capacità di prestazione di un pannello-facciata ai fini dell'isolamento termico, acustico e all'impermeabilità), ma soprattutto a livello

Fig. 14. Crollo di una costruzione prefabbricata a Londra (1968).

Fig. 15. L'effetto del terremoto nel Friuli (1976).

di insieme, di «spazio costruito» (ad esempio, caratteristiche di comfort a livello termico, acustico, di illuminazione naturale ed artificiale che deve possedere un'aula scolastica).

In sostanza scopo delle norme edilizie, relative alla sicurezza ed al comfort, è quello di pervenire a individuare gli attributi di qualità che debbono possedere sia l'oggetto edilizio finale sia quello intermedio per garantire l'utente, tenendo conto al tempo stesso dei fattori ambientali e socio-economici che caratterizzano il contesto in cui si opera.

Le norme relative alla sicurezza ed al comfort, dette usualmente *norme tecniche per l'edilizia,* debbono essere formulate in modo da controllare la qualità di ciò che il mercato già produce, ma al tempo stesso devono essere sufficientemente aperte e flessibili sia per recepire quanto il progresso tecnico può offrire nel tempo, sia per consentire l'adeguamento ai mutamenti economici e sociali che il contesto costantemente manifesta.

Esigenze economiche.

Per rispondere alle esigenze economiche si tende a definire le caratteristiche quantitative dello spazio da realizzare e gli attributi di qualità che tale spazio deve possedere nel suo insieme e nelle parti che lo costituiscono, nonché ad individuare i procedimenti e le tecniche costruttive che implicano la minima incidenza in materiali e mano d'opera.

L'individuazione dei costi globali che possono essere ammissibili per un qualsiasi intervento edilizio (singolo o collettivo, pubblico o privato) è in funzione delle possibilità economiche della committenza, la quale deve definire, a monte dell'operazione progettuale ed esecutiva, lo stanziamento per porre in atto una determinata operazione edilizia.

Ponendo in rapporto il fabbisogno edilizio (ad esempio, il numero di alloggi o di aule scolastiche da costruire) con le caratteristiche quantitative e qualitative che dovranno possedere lo «spazio costruito» e le relative infrastrutture, si può determinare lo stanziamento per l'intera operazione, dalla programmazione alla manutenzione. In tal senso hanno significato gli stanziamenti che, attraverso leggi a livello nazionale o regionale, si riferiscono a particolari settori di intervento (casa, scuola, sanità, agricoltura, ecc.).

Per preventivare i costi unitari ammissibili si prov-

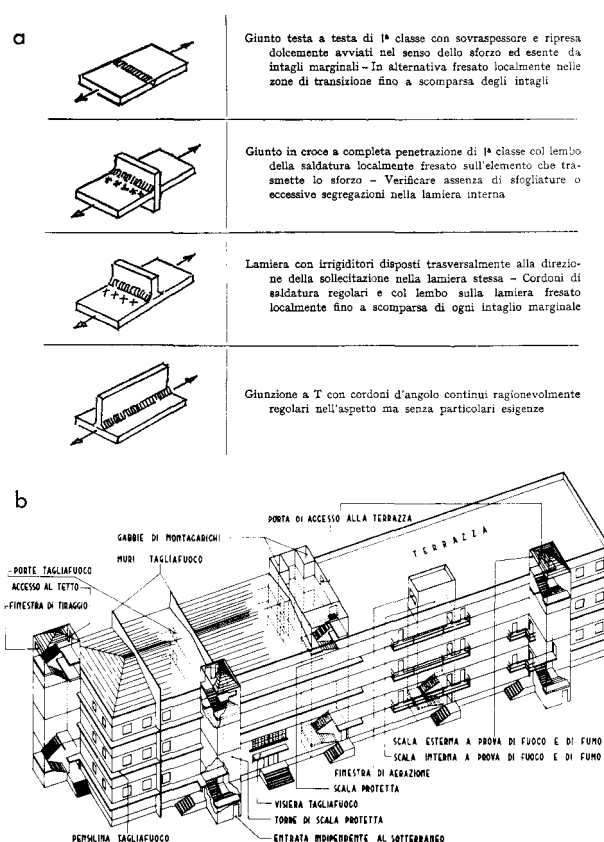



Fig. 16. Norme per la sicurezza statica: a) stralcio delle norme per ie strutture metalliche (LLPP 1973) relativo alle giunzioni; b) stralcio dalle norme di sicurezza di prevenzione contro gli incendi.

Fig. 17. Norme per il comfort ambientale: tabella tratta dalle norme italiane per l'edilizia scolastica D. M. 18-12-1975.

valori minimi di illuminazione (naturale e artificiale) sul piano di lavoro	lux
— Sul piano dei tavoli negli spazi per il disegno, il cucito, il ricamo, etc.	300
— Sulle lavagne e sui cartelloni	300
— Sul piano di lavoro negli spazi per lezione, studio, lettura, laboratori, negli uffici	200
— Negli spazi per riunioni, per ginnastica,ecc. misurati su un piano ideale posto a 0,60 m. dal pavimento	100
— Nei corridoi, scale, servizi igienici, atri, spogliatoi, ecc. misurati su un piano ideale posto a 1,00 m. dal pavimento	100

vede, mediante l'individuazione di standards economici, ad indicizzare il costo massimo di definite entità abitative (ad esempio: per la residenza il costo max a vano o per unità-alloggio; per l'edilizia scolastica il costo max per aula o per posto-allievo).

Tali costi unitari sono comprensivi di tutti gli oneri economici relativi alla progettazione, realizzazione e gestione del bene edilizio, cioè non si riferiscono esclusivamente al «costo di costruzione».

Con «costo di costruzione» è tradizionalmente inteso l'onere economico relativo al momento del processo edilizio che concerne il rapporto tra committenza ed impresa costruttrice, in pratica si riferisce alla fase materiale di realizzazione.

Anche per il « costo di costruzione» si determinano degli indici unitari di riferimento riguardanti sia il costo globale dell'opera sia il costo dei materiali e degli elementi costruttivi.

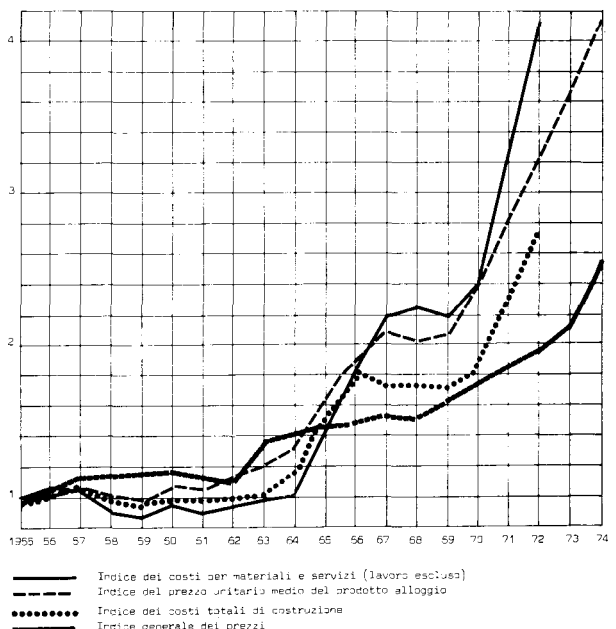
In questo caso la committenza da una parte e l'imprenditoria dall'altra forniscono degli indici unitari di costo; indici che a livello di organismo edilizio sono ad esempio: il costo mc. vuoto per pieno (costo tradizionale); il costo per mq. di superficie utile o lorda (adottato per le costruzioni «chiavi in mano»); il costo per entità abitative (costo a vano, ad alloggio, ad aula, a posto letto ospedaliero od alberghiero, ecc.) in rapporto a precise specifiche della committenza per quanto riguarda gli attributi dimensionali e di qualità che tali entità debbono possedere.

I costi unitari dei materiali, della manodopera, degli elementi costruttivi e degli impianti si indicano attraverso specifiche di qualità e mediante l'analisi dei prezzi; tutto ciò si concretizza negli elaborati tecnico-economici che debbono accompagnare qualsiasi progetto edilizio, cioè nei capitolati d'appalto e nell'elenco dei prezzi unitari.

Nel costo di costruzione oggi si tende a comprendere non soltanto il costo delle opere murarie e degli impianti, ma anche il costo dell'arredo (tutto l'arredo per gli edifici pubblici, scuole, ospedali, ecc. — ed almeno quello «fisso» per l'edilizia residenziale), sia perché lo «spazio costruito» non lo si può considerare veramente agibile per l'utente senza un determinato arredamento (un'aula scolastica è agibile soltanto se provvista di banchi, cattedra, lavagna, ecc.), sia perché l'edilizia industrializzata conduce sempre più ad una integrazione tra elementi costruttivi tradizionali ed elementi di arredo. In tal senso è significativa l'attuale tendenza a sostituire nell'edilizia residenzia-

Tipo di scuola		Scuola elementare	Scuola media	Licei e istituti tecnici commerciali - Geometri - Femminili - Turismo	Istituti tecnici industriali - Nautici - Agrari - Istituti professionali - Istruzione artistica
Media alunni per classe		22	25	27,5	25
m² di costruzione per posto alunno		5	7	10	16
m² di *terreno per posto* alunno		15	16	16	20
Costo di posto alunno	Per costruzione	350.000	490.000	700.000	1.120.000
	Per arredamento	20.000	25.000	35.000	35.000
	Per terreno	52.000	73.000	105.000	168.000
	Totale	422.000	588.000	840.000	1.323.000

Fig. 18. Indicizzazione dei costi per entità edilizie: costi max. per aula e posto alunno secondo i parametri usati per i calcoli previsionali della relazione Gui (2-10-1964).

Fig. 19. Analisi dell'andamento dei costi e dei prezzi degli alloggi per il 1955 (dati Istat, elab. Tecnocasa, 1976).

le il *tramezzo* tradizionale murario con le pareti attrezzate, prodotte industrialmente in serie, comprensive di arredi: dalla libreria al letto, dall'armadio alle apparecchiature della cucina e del bagno.

Per la costruzione di complessi insediativi vengono oggi considerati, oltre i normali costi di urbanizzazione, anche quelli concernenti l'arredo urbano.

Sull'entità dei costi di costruzione ovviamente ha un peso determinante l'organizzazione del settore della produzione, sia a livello di imprese costruttrici che di imprese produttrici di oggetti edilizi intermedi; sulla struttura e le capacità di tale organizzazione incidono: il *progresso tecnologico* (ad esempio: migliore sfruttamento delle capacità di prestazione dei materiali; utilizzazione di nuovi materiali; procedimenti costruttivi più rapidi e sicuri); *le condizioni economiche e sociali* (ad esempio: costi delle materie prime e dell'energia; disponibilità di manodopera qualificata e non; condizioni di occupazionalità); *gli indirizzi e gli impegni politici relativi al settore dell'edilizia; il livello di formazione dei professionisti e delle maestranze; lo sviluppo della ricerca scientifica.*

Fig. 20.

Il tipo edilizio: studi di Leonardo da Vinci per una stalla-tipo (fig. 20) e per una scala-tipo (fig. 21).

Fig. 21.

IL TIPO EDILIZIO

La definizione «tipo edilizio», premesso che può essere riferita sia all'oggetto edilizio finale alle varie scale sia all'oggetto edilizio intermedio, assume contenuti diversi a seconda del significato che si dà al termine *tipo e,* conseguenzialmente, a seconda che si intenda con esso definire un *modello di riferimento o modello-guida* (in senso analogico) a fini classificatori e/o progettuali (tipo di oggetto; oggetto di tipo x) oppure un *modello ripetibile* (in senso icastico) per ottenere oggetti identici (oggetto-tipo; prototipo industriale).

Se con tipo si intende definire un'entità che riassume un insieme di caratteristiche comuni a più cose, significa nel nostro caso determinare un'entità edilizia astratta come punto di riferimento per indicare classi omogenee di organismi edilizi, di opere infrastrutturali e di componenti.

La configurazione, in tal senso, di un tipo edilizio consiste nell'individuare i caratteri ricorrenti in un insieme di oggetti edilizi sia ai fini di un'analisi storica, riferendosi ad un preciso periodo e/o ad uno specifico contesto geografico, sia a fini progettuali ed esecutivi, facendo riferimento ad un modello-guida a livello operativo in rapporto a precise esigenze contestuali.

I caratteri ricorrenti che si tendono ad individuare possono essere a livello «funzionale», «costruttivo» e *formale;* ovviamente a seconda che nell'analisi si contemplino uno o più di tali livelli si determinano insiemi omogenei quante sono le possibilità combinatorie, nonché tanti insiemi quanti aspetti vengono considerati nell'ambito di ciascun livello. È evidente come si possano determinare così infiniti insiemi tipologici ed in questo è il limite dell'operazione che certamente non può assumere contenuti e valori in senso assoluto; infatti per una mera intenzionalità strumentale di classificazione si riferiscono ad un modello astratto oggetti edilizi, che, pur denunciando uno o più aspetti comuni, hanno, se esistenti, o avranno, se progettati, una struttura propria non confondibile, in quanto tale, con quella di altri.

L'operazione può avere soltanto un valore strumentale e contingente nell'ambito di un processo di analisi finalizzato, ad esempio, per la didattica, per una progettazione, per un programma di intervento, ecc.

In questo caso il termine *tipo* precede l'aggettivazione che si dà all'oggetto edilizio in base al carattere, o ai caratteri considerati.

Per quanto riguarda un'analisi storicizzata avremo così: a livello di organismo, ad esempio, la chiesa di tipo paleocristiano, il palazzo di tipo rinascimentale, la casa di tipo giapponese, il teatro di tipo greco, la struttura urbana di tipo medioevale; a livello di elementi costruttivi, ad esempio, l'opus reticulatum come tipo di muratura del periodo romano, la cupola di tipo rinascimentale, la capriata tipo Palladio, il cornicione di tipo barocco, il ballon-f ree come tipo di ossatura portante del pionierismo americano, la travata a traliccio di tipo inglese o belga; a livello di infrastrutture, ad esempio, i ponti sospesi di tipo indiano a corde vegetali, gli acquedotti di tipo romano ecc.

Determinare invece il *tipo edilizio* a fini progettuali significa, come si è detto in precedenza, riferirsi ad un modello-guida che indica uno o più parametri per soddisfare a determinate esigenze, lasciando però delle valenze libere, alle quali soltanto la progettazio-

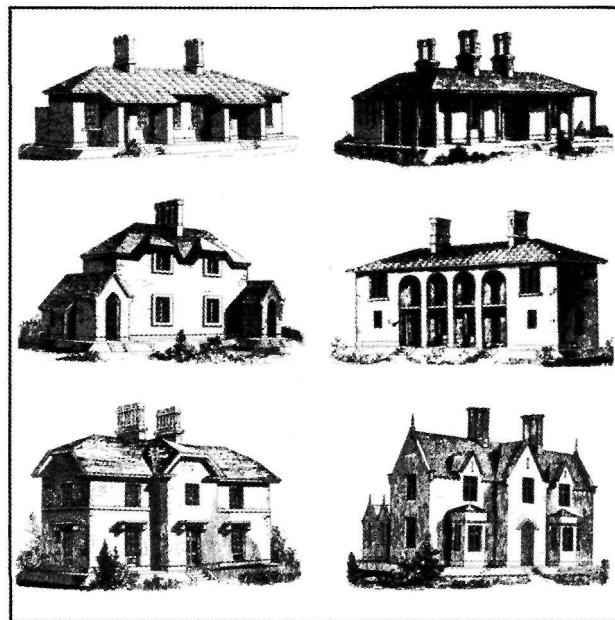
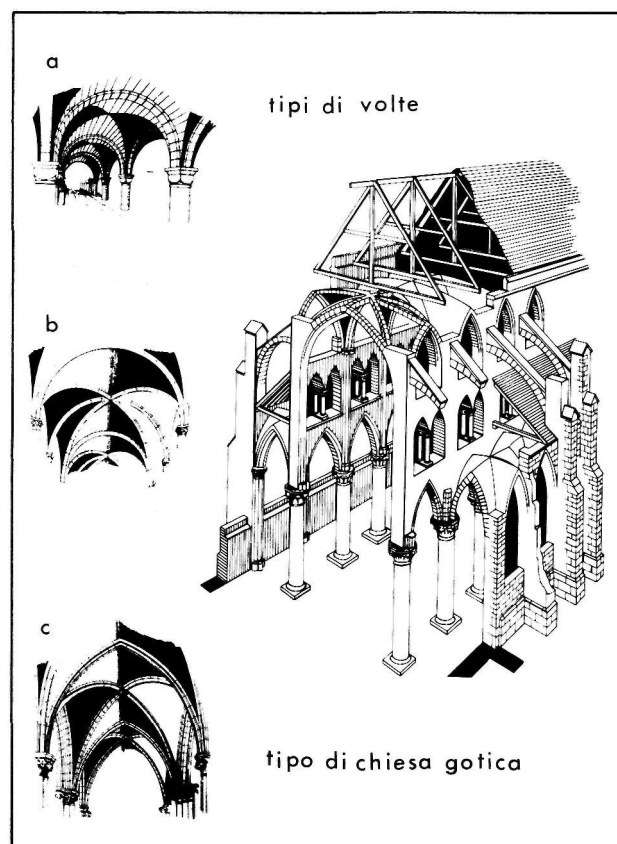



Fig. 22. Il tipo edilizio: sei villini-tipo da un manuale inglese del 1846.

Fig. 23. Analisi storica e schematizzazione tipologica di volte murarie romano-gotiche e della chiesa gotica.

ne specifica dell'oggetto edilizio darà una risposta concreta e definitiva.

Una tale operazione a carattere prettamente strumentale assume quindi un significato, ad esempio, per la definizione degli standards urbanistici e degli standards edilizi di cui si è detto in precedenza, oppure nell'ambito di studi riferiti all'agibilità dello spazio costruito, ed ancora nell'ambito di ricerche sui procedimenti costruttivi per la individuazione di schemi statici nonché di modelli di verifica e calcolo degli elementi costruttivi.

In tal senso potremo avere così: i *tipi edilizi* che si allegano in un piano particolareggiato (ad esempio i tipi estensivi, semintensivi, intensivi; a maglia «aperta, a maglia «chiusa»; a «torre», a «nastro», ecc.); i *tipi edilizi preferenziali per settori* (scuole, ospedali, abitazioni, ecc.) indicati da enti di committenza pubblica; *classficazioni* e *analisi in rapporto al modo di usare l'organismo edilizio* (ad esempio, edifici di tipo civile o militare); *edilizia di settore distinta per specializzazione* (ad esempio, ospedali di tipo generale, psichiatrico, traumatologico, ecc; abitazione di tipo unifamiliare, plurifamiliare, ecc.); *classificazioni ed analisi in base all'aggregabilità di unità o cellule edilizie* (ad esempio, edifici di tipo in «linea», a «schiera», «isolati», a «tessuto urbano continuo», ecc.; edifici del tipo monopiano, multipiano, ecc.); *classificazioni ed analisi in rapporto a specifici aspetti di agibilità* (ad esempio, case del tipo: a « ballatoio», a «ripiano - scala», a «vue interieure», ecc.; ricoveri per animali del tipo a stabulazione fissa o libera, ecc.); *classificazioni ed analisi in base a criteri statico-costruttivi o ai principali materiali impiegati per l'ossatura portante* (tipi di telaio, di elementi reticolari, tipi di arco, di volta, tipi di ponte, tipi di diga, tipi di costruzioni in c.a., in c.a. precompresso, in acciaio, ecc.); *classificazioni ed analisi in base alle modalità costruttive* (tipi di procedimenti costruttivi, tipi di cantiere, ecc.).

Analogamente potremo avere una tipizzazione degli elementi costruttivi o componenti in ordine alle loro capacità di prestazione, funzione o collocazione, alle caratteristiche costruttive e/o di resistenza, ecc.

Da quanto detto si determinano anche i significati ed i limiti della dizione *tipologia edilizia,* che indica lo studio della classificazione o descrizione dei diversi tipi di oggetti edilizi nelle loro caratteristiche di forma, funzione e costruzione.

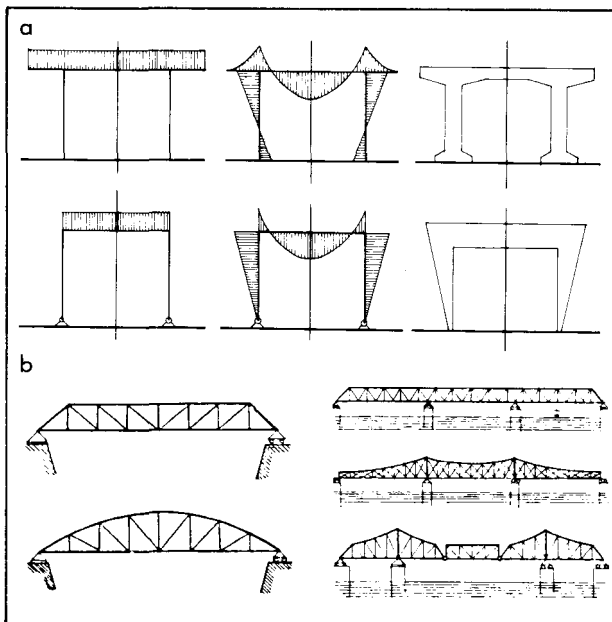



Fig. 24. Classificazione e analisi tipologica in base a criteri statico-costruttivi e ai materiali impiegati: a) tipi di telaio; b) tipi di ponte in acciaio.

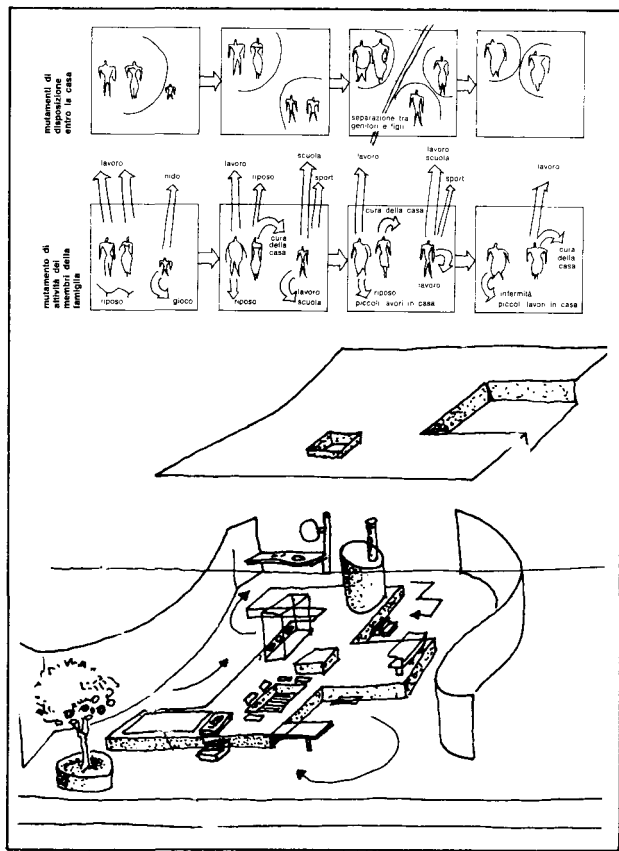
Fig. 25. Analisi di comportamento nell'uso e definizione di un modello «aperto»: studi dello Chenut sulla flessibilità dell'alloggio.

Attualmente negli studi tipologici sull'organismo edilizio si tende a superare i criteri adottati in un passato, anche recente, che conduceva ad una definizione aprioristica ed univoca di modelli abitativi (i tradizionali «caratteri distributivi degli edifici») i quali, per la loro stessa concezione astratta e cristallizzata, difficilmente avevano una corrispondenza con la realtà operativa. Tale superamento si manifesta in una metodologia di approccio la quale, anziché pretendere di dare soluzioni definitive, vuole *offrire al momento progettuale soltanto un quadro logico di riferimento dei fattori interagenti in una determinata attività umana;* cioè si individua, o tipizza, essenzialmente il «comportamento nell'uso» di uno spazio costruito, definendo così un *modello abitativo aperto.*

Fig. 26. Piano-tipo ripetibile nell'ambito di un singolo intervento.

Fig. 27. Campionatura in opera di un pannello-tipo per facciata.

Infine se con *tipo* si intende identificare un'entità ripetibile per realizzare oggetti, nel nostro caso sta ad indicare la determinazione di un *esemplare o modello* (nel significato che i latini davano alla parola «forma, ae») che costituisce riferimento reale per la costruzione di organismi edilizi e per la produzione di oggetti edilizi intermedi (elementi costruttivi o componenti).

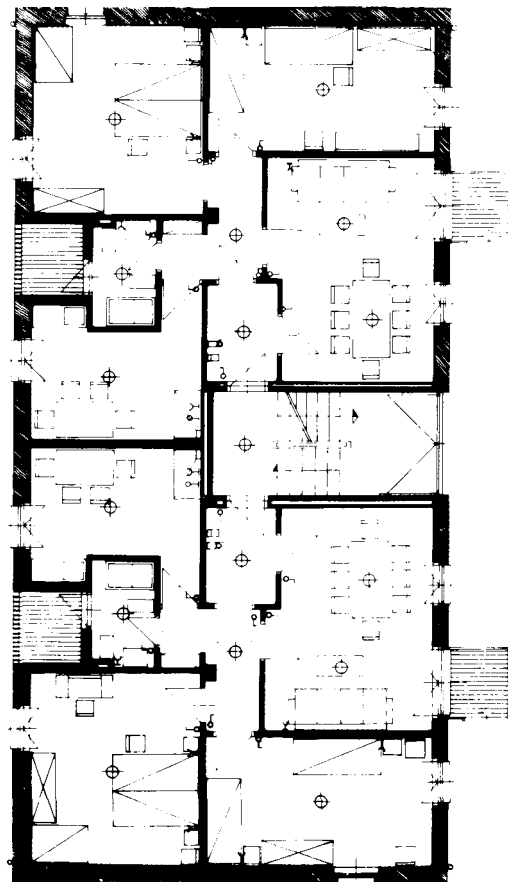
Al tipo edilizio inteso come *modello ripetibile* si possono ricondurre due modi operativi nell'ambito progettuale ed esecutivo.

Un primo modo è quello di individuare in un progetto edilizio le entità che, attraverso un processo di unificazione e di standardizzazione, possono essere ripetute nella fase esecutiva.

In questo senso si configurano, ad esempio per l'edilizia residenziale, unità abitative-tipo come: la colonna alloggi-tipo per gli edifici in linea; la casa-tipo per insediamenti costituiti da abitazioni unifamiliari isolate; le cellule-tipo a livello di aggregazione urbana; l'alloggio-tipo, e, nella forma più generica, il *piano-tipo* di un qualsiasi organismo edilizio.

Analogamente si possono avere elementi costruttivi tipo per uno o più interventi edilizi, ad esempio: i pannelli-tipo per facciata; i pannelli ed i travetti-tipo per solai; le ossature portanti-tipo, e così via.

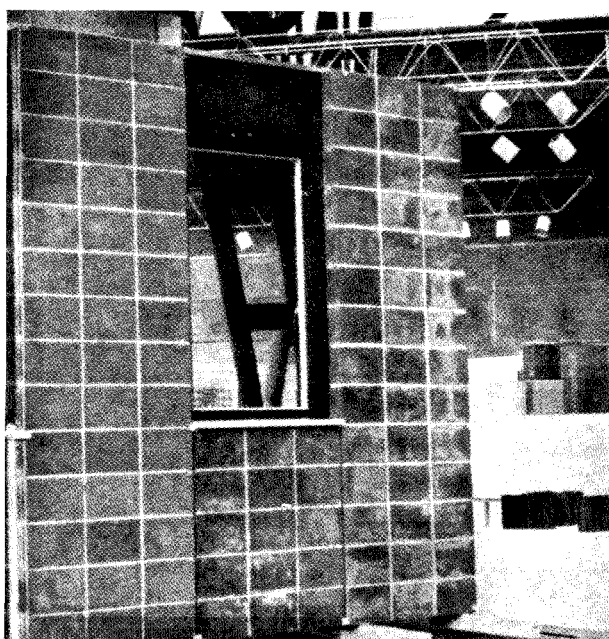
Tutto ciò costituisce una prassi, antica nel tempo e del tutto tradizionale, che nella ripetizione vede innanzi tutto una riduzione dei costi e che di norma si traduce nel redigere elaborati grafici e tecnico-economici che evidenziano i caratteri di ripetibilità dell'organismo ideato e delle sue parti. Nella fase esecutiva in genere si predispone un *campione in opera* (alloggio-campione, infisso-campione, pannel-

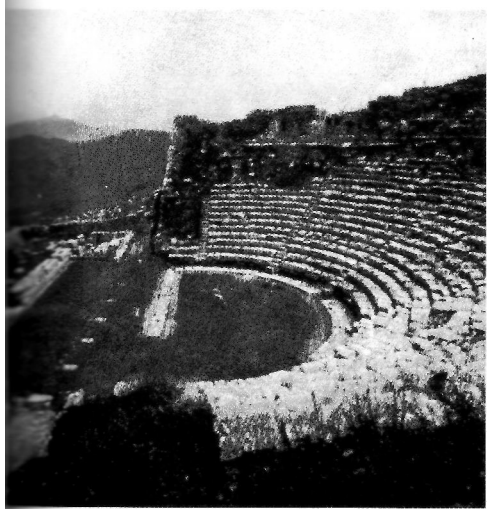
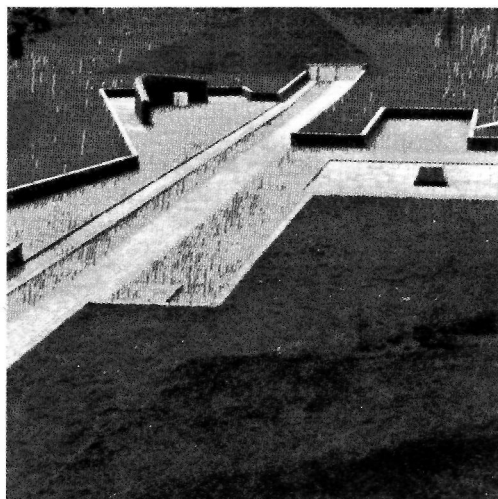
lo parete-campione, ecc.), che sia modello di riferimento per le capacità di prestazione (a livello quantitativo e qualitativo) che dovranno possedere gli oggetti edilizi che ne saranno «copia».

Il secondo modo è riguardare la determinazione del tipo edilizio attraverso un procedimento industrializzato dell'oggetto, cioè produrre con una prefabbricazione di serie l'intero organismo edilizio (fornitura « chiavi in mano ») o produrre serialmente gli elementi costruttivi. Da qui ne consegue un metodo progettuale analogo al precedente ma finalizzato alla realizzazione di un *prototipo* che costituirà la «matrice autoregolante» dei vari prodotti. In questo caso attraverso un'operazione di «design» si verrà a determinare il tipo edilizio: cioè il *prototipo* sia dell'organismo edilizio nelle varie destinazioni d'uso (scuole, ospedali, abitazioni prefabbricate, ecc.) sia dell'elemento costruttivo (dalle pignatte per solai ai profilati metallici per serramenti, dai pannelli-solaio ai blocchi-ambienti funzionali).

In ultima analisi, con una metodologia tipica dell'«industrial-design», lo «specifico» della progettazione è il *prototipo;* questo poi costituirà il modello ripetibile, seriale, per la produzione dell'oggetto edilizio.

Fig. 29. Prototipo di pannelli in materie plastiche da produrre in serie: prova di correlazione con lo scheletro portante,

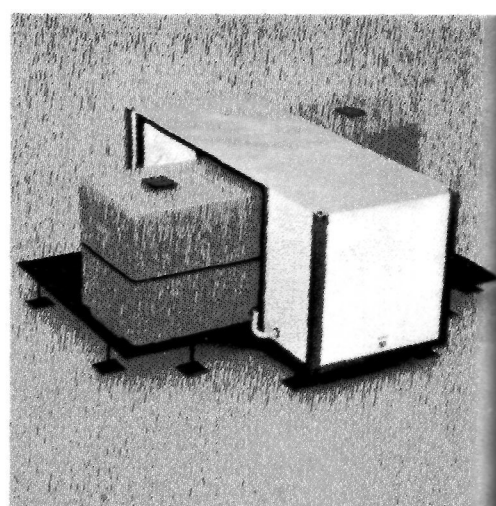
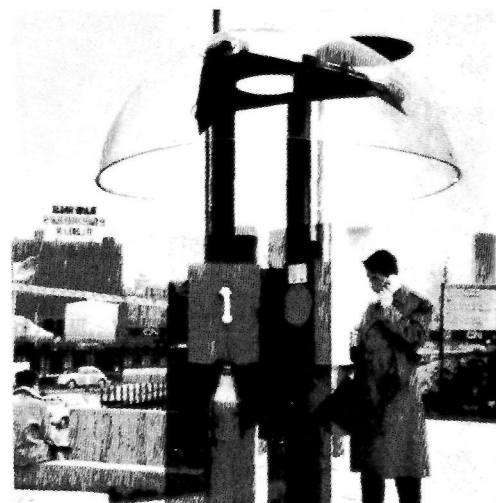
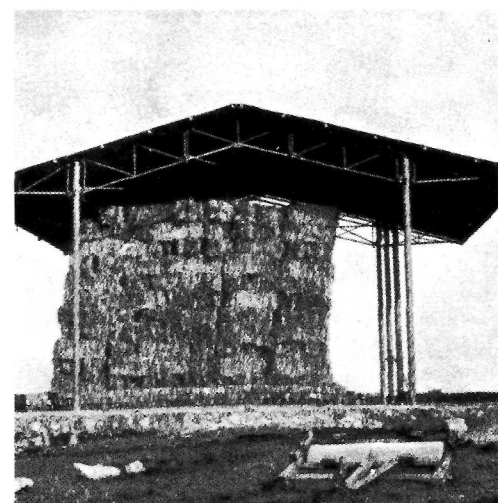
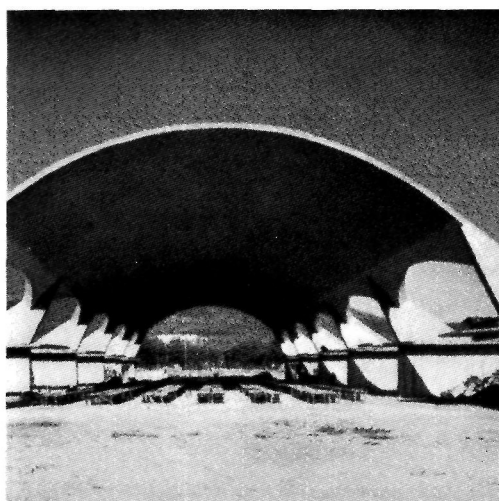
Fig. 28. a) campione al vero di un piano-tipo del grattacielo «Chase Manhattan Bank» a New York; b) prototipo industriale di un edificio di abitazione.

Fig. 30. Prototipo di pannello-facciata, comprensivo di serramento, per **una** produzione industriale.

TAVOLE

DA1 A 8

TAV. 1. — L'OGGETTO EDILIZIO FINALE

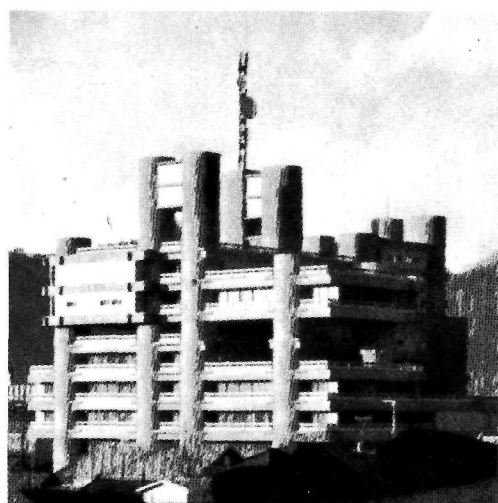
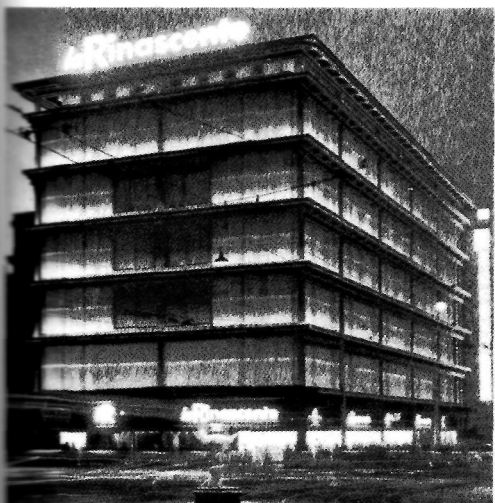
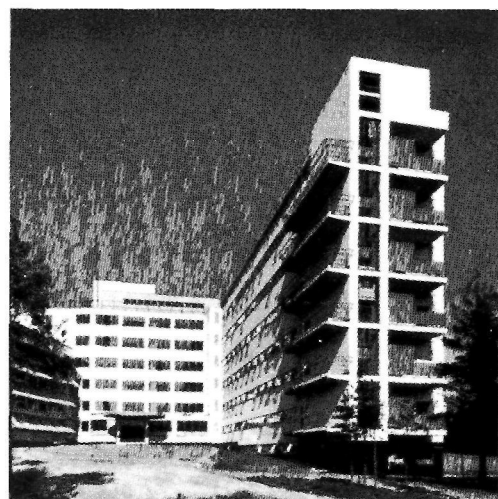
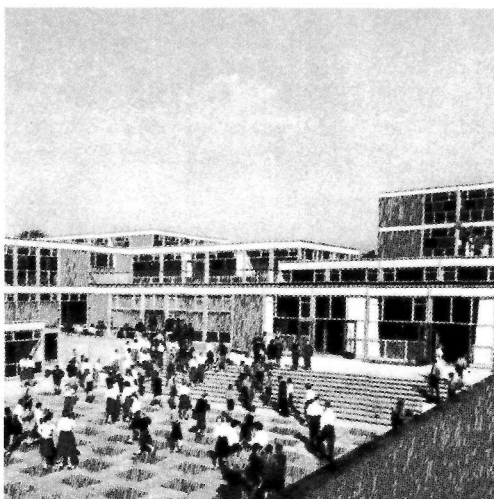
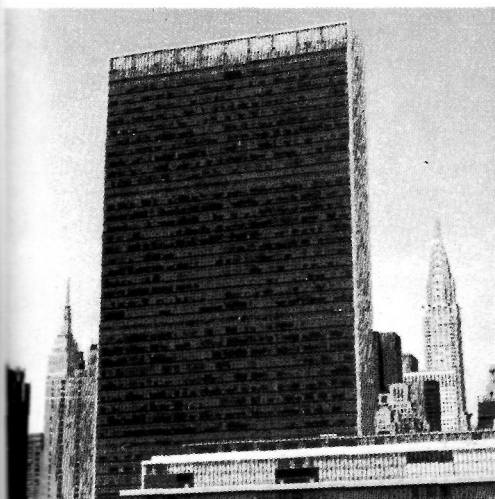
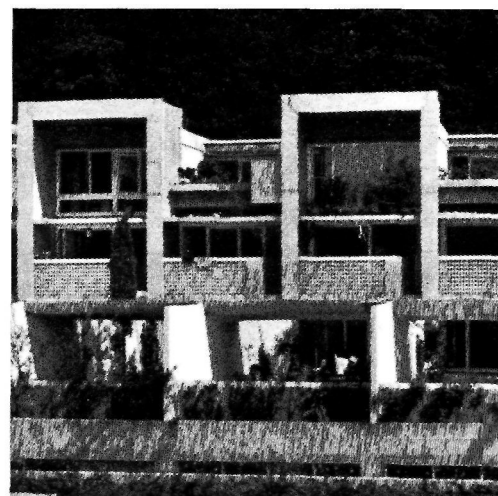
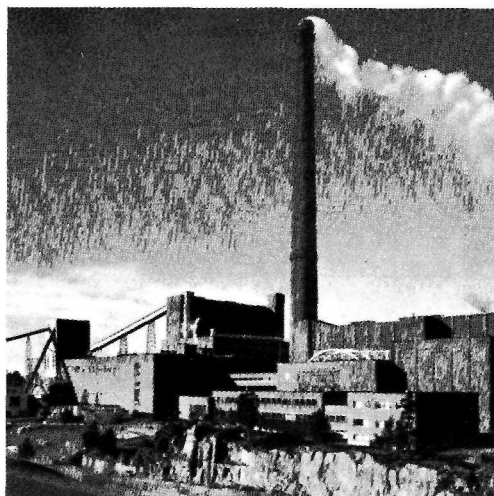
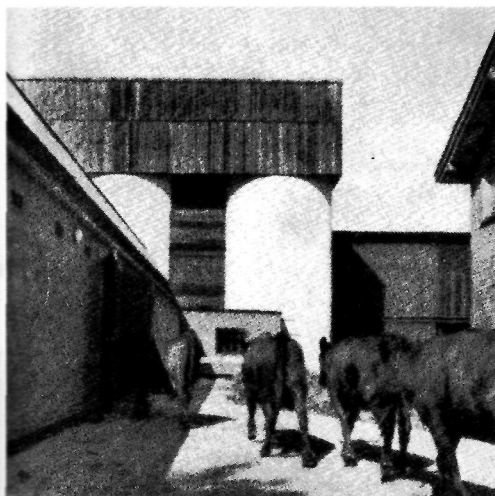
a	b	c
d	e	f
g	h	i

La semplice delimitazione con un segno a terra, come ad esempio le strisce bianche di un campo da tennis, definisce uno **spazio costruito** per svolgere una determinata attività. In tal senso acquistano un preciso significato le recinzioni a, b, i setti murari e le sistemazioni a terra c, d, e.
La sistemazione a cavea di un ambiente naturale, come il teatro greco (g), classifica uno «spazio costruito» al pari delle arene romane e dei moderni stadi, che determinano artificialmente uno spazio all'aperto (h, i).

a, recinzione giapponese in bambù; b, muro di cinta a Barcellona (arch. A. Gaudi); e, caratterizzazione di uno spazio aperto con setti il cemento armato (arch. R. Olivieri); d, sistemazione esterna di P. Rudolph a Boston; e, il labirinto «ragazzi» alla decima triennale di Milani (Studio archh. B. B. P. R.); f, cimitero commemorativo a Sremska Mitrovica (arch. B. Bogdanovic); g, teatro greco di Segesta; h, arena d Verona; i, velodromo olimpico di Roma (archh. C. Ligini, D. Ortensi, S. Ricci).

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 2. — L'OGGETTO EDILIZIO FINALE

La definizione di un ambiente aperto ma coperto, al limite ottenuta con un ombrellone da spiaggia, determina uno **spazio costruito** che può assumere connotazioni e finalità estremamente diverse come dimostrano le immagini a, b, c, d, e, f, g. La tenda da campo e la mobil-home, nonostante il loro carattere precipuo di mobilità, poiché individuano singolarmente **spazi costruiti** e nel loro insieme **insediamenti di tipo provvisorio,** rientrano nella sfera dell'attività edilizia (h, ì).

a, porticato del Bernini a S. Pietro in Roma; b, mercato dei fiori a Pescia (archh. E. Brizzi, E. Gori, G. Gori, L. Ricci, L. Savioli); e, pensiline d'accesso (arch. G. Pei lini); d, tettoia agricola; e, pensiline per distributori di benzina; f, protezione di un posto telefonico all'Expo di Montreal; g, ombrelloni sulla spiaggia di Knokke in Belgio; h, tende da campeggio; i, mobil-home (arch. Zanuso).

TAV. 3. — L'OGGETTO EDILIZIO FINALE

a	b	c
d	e	f
g	h	i

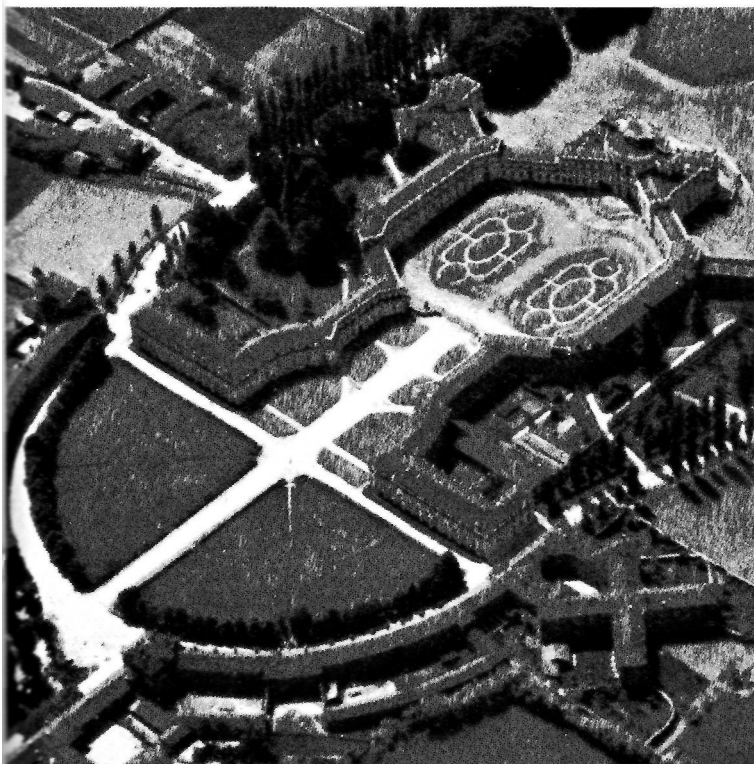
Gli edifici propriamente detti, che determinano uno **spazio costruito** al chiuso per lo svolgimento di attività, si caratterizzano in rapporto a precise destinazioni d'uso, che individuano anche specifici settori di intervento: edifici per l'agricoltura (a); per l'industria (b); per l'abitazione (c); per gli uffici (d); per la scuola (e); per la sanità (f); per il commercio (g); per il culto (h); per lo spettacolo e la cultura (i); ecc.

a, fabbricato agricolo in Danimarca (arch. E. C. Sorensen); b, complesso industriale (arch. A. Aalto); c, abitazioni unifamiliari ad Halem (prog. «Atelier 5»); d, il palazzo dell'ONU a New York (archh. W, K. Harrison, M, Abramovitz su schizzo di Le Corbusier); e, scuola di Arnold (Inghilterra); f, il sanatorio di Paimio (arch. A. Aalto); g, la «Rinascente» a Roma (archh. F. Albini e F. Helg); h, cappella a Palos Verdes (arch. F. L. Wright); i, centro radio di Yiamanashi a Kofu (arch. Kenzo Tange).

a	b
c	d

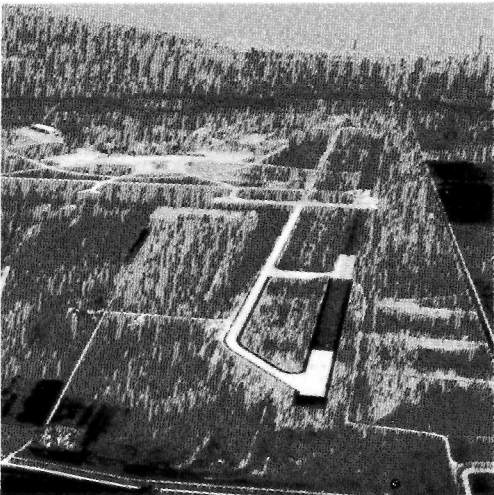
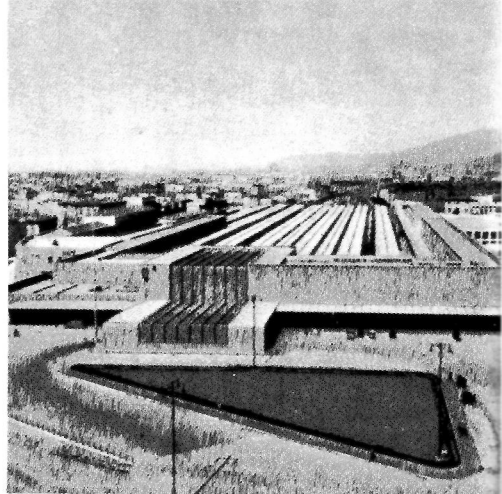
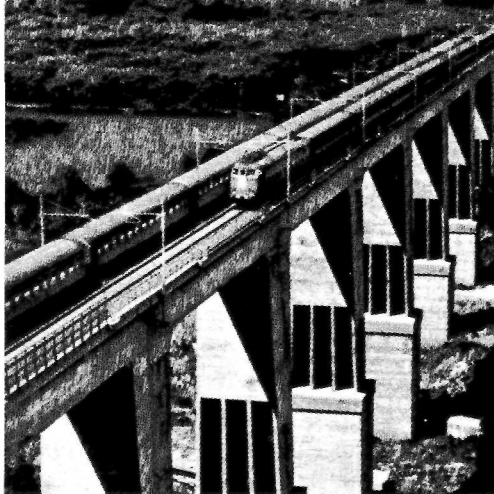
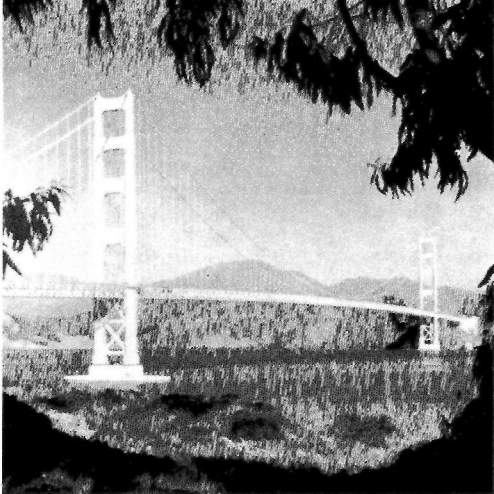
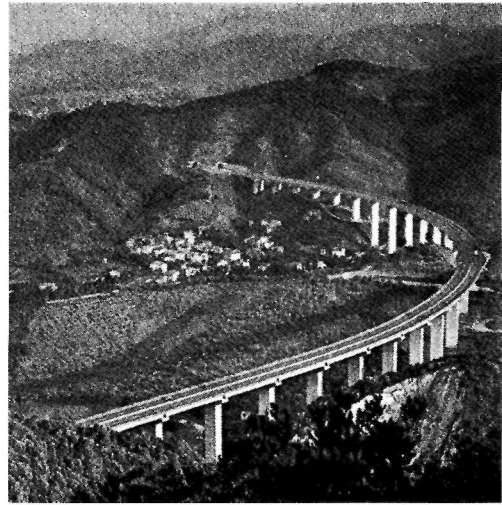
TAV. 4. — L'OGGETTO EDILIZIO FINALE

Lo spazio costruito non può essere visto soltanto a livello di singolo oggetto, ma deve essere considerato anche a livello di insediamento, inteso come insieme di organismi edilizi e infrastrutture. L'attività edilizia, nel momento operativo, deve sottendere una visione sul piano urbanistico per tradurre in una realtà costruita l'assetto del territorio; perciò lo «spazio costruito» va analizzato e progettato a livello di insediamento agricolo (a), di insediamento industriale (b), di unità e complessi residenziali (c), ecc.

a, insediamento agricolo sparso in Italia; b, insediamento industriale in Germania; c, unità residenziale ad Halem, Berna (prog. « Atelier 5 »); d, insediamento residenziale di Harlow (Inghilterra).

TAV. 5. — L'OGGETTO EDILIZIO FINALE

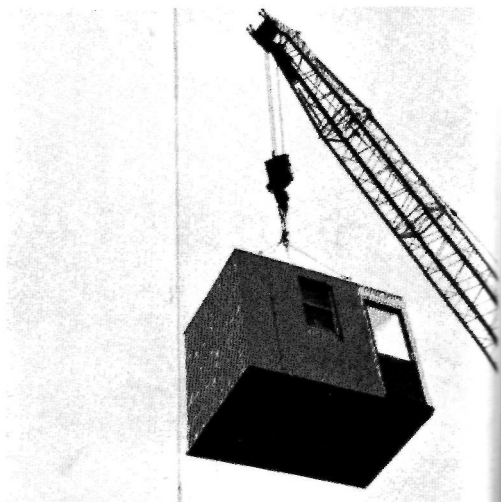
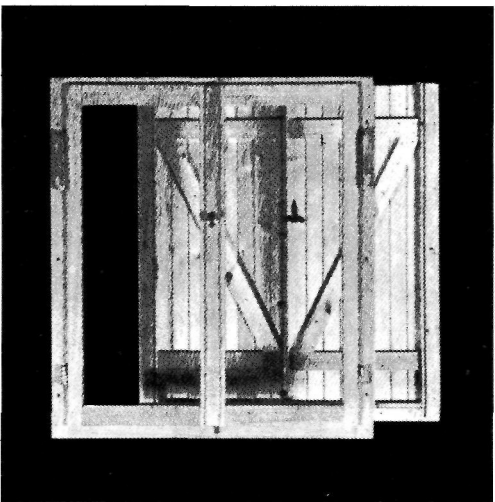
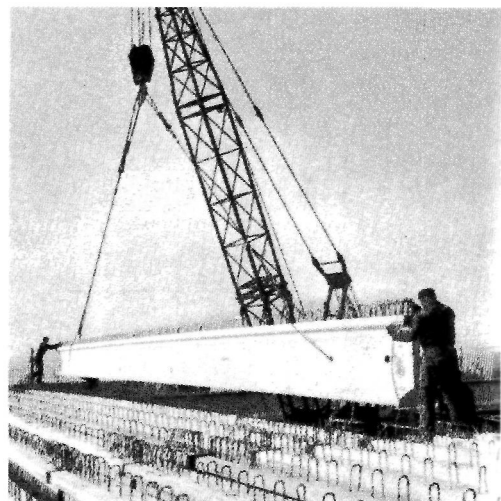
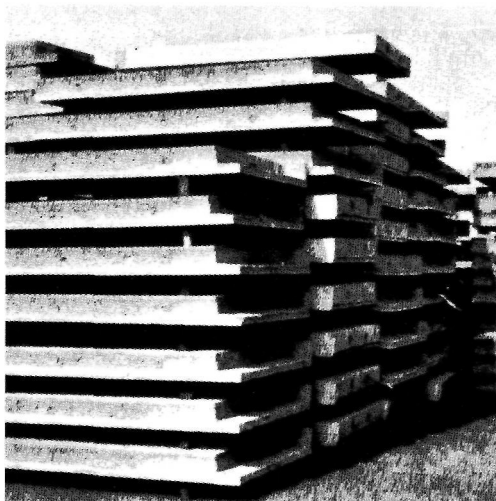
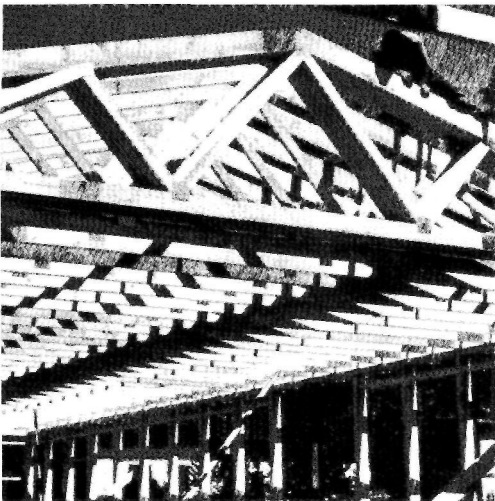
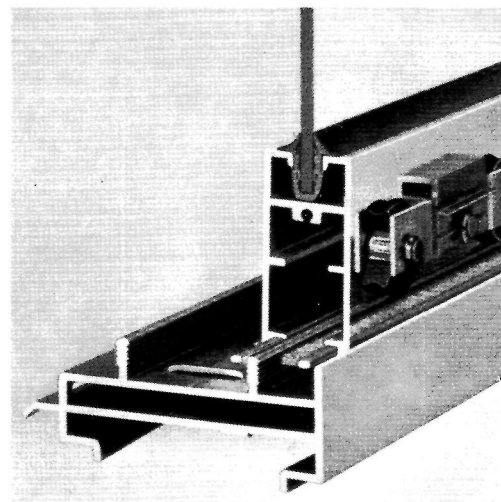
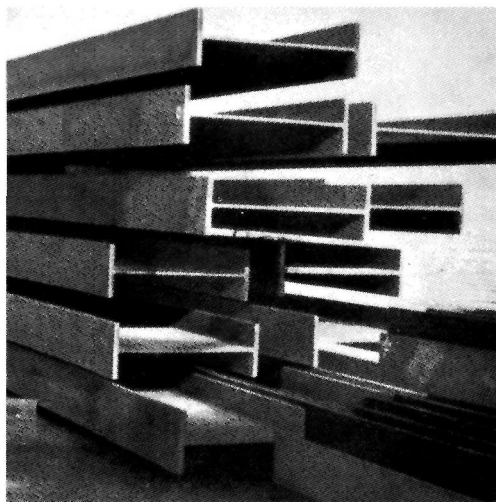
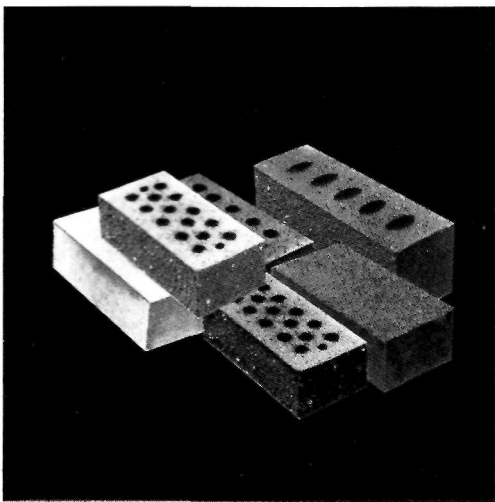
a	b
c	d

L'integrazione tra **spazio costruito** e **opere infrastrutturali** deve essere considerata sia a livello di organismo edilizio (a, b), sia a livello di struttura urbana (c, d). Nel primo caso le infrastrutture sono costituite da tutto ciò che completa e definisce l'organizzazione spaziale (ad esempio sistemazioni esterne, parcheggi, accessi, ecc.), nonché dai vari servizi tecnologici di allaccio; nel secondo caso le opere infrastrutturali comprendono la rete viaria, la distribuzione dei vari servizi, tutte le opere di urbanizzazione.

a, sistemazioni esterne ed accessi del castello di Stupinigi (arch. F. Juvarra); b, parcheggi e accessi del Northland Shopping Center (arch. V. Gruen e soci); c, città universitaria a Mexico con rete viaria principale; d, «sopraelevata» a Londra,

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 6. — L'OGGETTO EDILIZIO FINALE

L'attività edilizia a livello territoriale comprende la realizzazione delle grandi opere infrastrutturali per i trasporti: rete di comunicazione automobilistica (a, b, c, d); strade ferrate (e, f); aeroporti e porti (g, h, i).
L'integrazione fra opere infrastrutturali e organismi edilizi è posta in risalto dalla connessione imprescindibile tra le vie di comunicazione e le stazioni ferroviarie, le aerostazioni e le stazioni marittime.

a, autostrada in Svizzera; b, autostrada del Sole (Bologna-Firenze) con opere d'arte; c, viadotto autostradale in Italia; d, il Golden-Gate a S. Francisco; e. viadotto ferroviario; f, stazione ferroviaria a Firenze (arch. G. Michelucci); g, le infrastrutture aeroportuali di Fiumicino; h, aerostazione del nuovo aeroporto di Colonia (ing, arch. P. Schneider-Esleben); i, veduta parziale delle opere infrastrutturali del porto di New York.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 8. — L'OGGETTO EDILIZIO INTERMEDIO

La realizzazione dell'oggetto edilizio finale, sia esso organismo edilizio o opera infrastrutturale, richiede la produzione di elementi costruttivi da parte delle industrie inserite nel processo edilizio. L'oggetto edilizio intermedio ha delle precise caratteristiche morfologiche legate ad un ciclo produttivo e, come si vedrà poi, conseguenti ad uno o più procedimenti costruttivi in cui può essere applicato. L'industria può oggi fornire oggetti edilizi intermedi sia sottoforma di elementi costruttivi base preformati o preassemblati sia sottoforma di elementi costruttivi funzionali prefabbricati, oltre ovviamente a tutte le materie prime e ai materiali base necessari al processo edilizio.

Le illustrazioni della tavola rappresentano una sequenza non esaustiva del «materiale organizzato» che l'industria può immettere sul mercato edilizio.

a, il mattone; b, i profilati di acciaio; c, i profilati di alluminio; d, le capriate prefabbricate in legno; e, i pannelli-solaio; f, le travi prefabbricate da ponte; g, serramento in legno; h, gli elementi igienico-sanitari; i, i blocchi funzionali.

PARTE SECONDA

IL PROCESSO EDILIZIO

PREMESSA

Nei punti precedenti sono state considerate le finalità inerenti l'edilizia, ora esaminiamo gli aspetti operativi che tali finalità sottendono.

L'opera edilizia dell'uomo per estrinsecarsi implica un sistema operativo, cioè un *insieme correlato di attività ciascuna conseguente a precise esigenze.* Il modo con cui si svolgono e si organizzano, sia a livello intellettuale che materiale, le attività per l'edilizia dà luogo al *processo edilizio.*

Nella sua struttura il *processo edilizio* è definito in un determinato momento storico dalle ideologie cuiturali e politiche, dalle esigenze socio-economiche e dal livello scientifico e tecnico che una società manifesta.

Infatti la struttura del processo edilizio muta nelle varie epoche e si diversifica con il modificarsi delle condizioni sociali e ambientali: dal processo estremamente lineare delle comunità primitive, e comunque delle collettività organizzate in senso comunitàrio, in cui il soddisfacimento di una esigenza abitativa coinvolge in modo immediato e diretto la comunità (ad esempio, la famiglia eschimese concepisce e realizza l'igloo con una piena conoscenza della forma che meglio risponde alle esigenze d'uso, nonché alle tecniche ed ai materiali per realizzarla; altrettanto si può dire esaminando le abitazioni smontabili dei ghirghisi ed i villaggi delle comunità del Ghana, non dimenticando che in tal senso operavano anche le comunita dei pionieri del Nord America), si passa all'intrico di interrelazioni operative che si hanno nell'attuale società «industriale» per porre in atto l'assetto del territorio e le relative opere edilizie. Oggi non si può più parlare di processo edilizio *diretto,* bensì di processo edilizio *delegato,* in quanto tra la domanda da parte dell'utenza e la risposta, cioè la realizzazione di un bene edilizio, si determina una serie complessa di attività che vedono agire una molteplicità di protagonisti, ciascuno competente in un determinato campo,

Pertanto, dovendo sinteticamente analizzare la struttura del processo edilizio come oggi si manifesta, si ritiene opportuno, ai fini di una maggiore chiarezza espositiva, trattare l'argomento in tre parti distinte, ma ovviamente interrelate: *le operazioni; i protagonisti; i materiali ed i procedimenti costruttivi.*

CAPITOLO PRIMO LE OPERAZIONI NEL PROCESSO EDILIZIO

In senso operativo gli elementi emergenti nel processo edilizio sono: il *progetto; [attività costruttiva;* la *gestione.*

Fig. 31.

Le società primitive o le piccole comunità soddisfano l'esigenza abitativa in modo collettivo e diretto: indigeni del Sud-Africa costruiscono una capanna (fig. 31); comunità di pionieri americani al lavoro (fig. 32).

Fig. 32.

IL PROGETTO

Progettare per l'edilizia è un atto conoscitivo sperimentale che, partendo dalle esigenze, definisce la «struttura» di un oggetto attraverso la concezione di una forma e la determinazione del modo per realizzarla, la tecnica.

Con il termine progetto quindi non si intende soltanto la fase relativa alla redazione degli elaborati grafici e tecnico-economici, bensì l'intero processo, sia a livello intellettuale che strettamente operativo, che va dall'analisi delle esigenze da soddisfare, alla programmazione e pianificazione dell'intervento, alla fase di configurazione e conformazione dell'oggetto da realizzare, fino a comprendere, parzialmente o totalmente, la fase materiale di esecuzione, e la fase di controllo dell'opera finita.

In tal senso l'azione-progetto è un processo di sintesi e, in quanto tale, deve contemplare unitariamente la molteplicità dei fattori che intervengono nel-

l'individuare la «struttura» dell'oggetto; da ciò ne consegue che il processo progettuale è frutto di un insieme di apporti i quali devono essere strettamente correlati, soprattutto se afferenti a competenze differenziate e specifiche (l'architetto, l'urbanista, l'ingegnere edile, l'impiantista, il costruttore, le maestranze, ecc.).

Attualmente infatti si tende alla « progettazione integrale» o «continua» e al «lavoro di gruppo».

Il processo progettuale, che presuppone sempre un'analisi delle esigenze ed una pianificazione dell'intervento al limite intuitiva (ad esempio nell'eschimese che realizza l'igloo), può risultare:

— *coincidente col solo momento realizzatilo, senza una fase di elaborazione grafica o scritta a monte;* a questo proposito basterà ricordare tutte le realizzazioni delle comunità primitive, le costruzioni a carattere artigianale e spontaneo, come ad esempio il trullo pugliese, le recenti proposte di «architettura gestuale», e, perché no, l'abusivismo del sottoproletariato urbano (vedi Tav. 9); in riferimento agli oggetti edilizi intermedi si possono menzionare, ad esempio, il concio di pietra per l'opera incerta formato dallo scalpellino, il mattone fatto a mano, la volta alla «romana», cioè tutti gli elementi realizzati artigianalmente senza predisporre disegni od altro;

— *compiuto nella stesura di elaborati grafici e tecnico-economici;* con questi elaborati si intendono esaurite le scelte per considerare concepita l'opera edilizia, cioè la fase esecutiva si riduce ad un puro atto materiale e meccanico; un tale modo di operare è tipico della progettazione degli edifici prefabbricati di serie (vedi Tav. 10), nonché della produzione industrializzata di elementi costruttivi, con il quale, in ogni caso, sono necessari la realizzazione ed il collaudo di un prototipo.

Ovviamente tra questi due comportamenti estremi si colloca quella *impostazione progettuale che prevede la preparazione di grafici ed elaborati tecnico-economici ma che lascia valenze libere di scelta nella fase esecutiva elo di esercizio.* Questa impostazione rientra sia nella prassi artigianale, che ancora caratterizza l'edilizia (vedi Tav. 11), sia in nuove concezioni che lasciano la definizione dell'oggetto edilizio all'utente stesso nella fase di esercizio (ad esempio, la flessibilità d'uso dell'alloggio: variabilità non solo negli elementi di arredo «componibili-polivalenti» ma anche nella conformazione globale

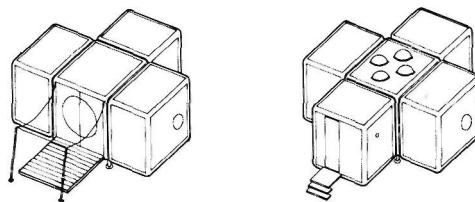
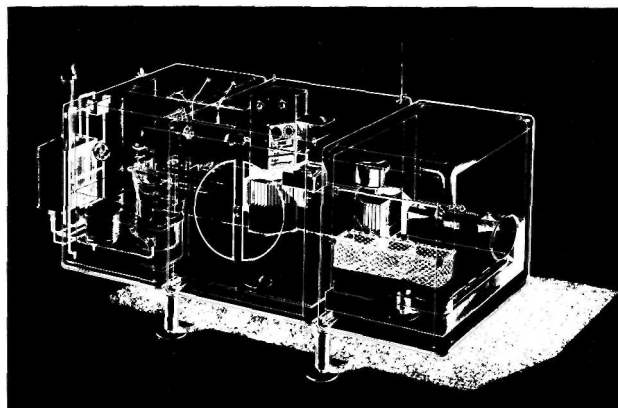
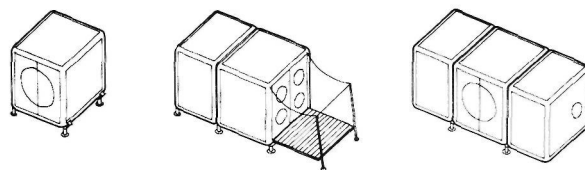



Fig. 33. Progetto «compiuto» di una mobil-home prodotta industrialmente.

Fìg. 34. Campionatura di tinte in cantiere: esempio di scelta progettuale in fase esecutiva.

interna, vedi Tav. 12) o che ipotizzano una struttura urbana autodefinentesi nel tempo (ad esempio, le macrostrutture infrastrutturali di servizio e supporto di cellule definibili solo nel tempo e liberamente aggregagli nelle matrici che le opere infrastrutturali «segnano», vedi Tav. 13).

Queste nuove ipotesi di struttura urbana si basano sul concetto di «progettazione continua», cioè azione-progetto consapevole a priori della trasformazione che costantemente opera l'uomo sull'habitat; in tal senso il processo progettuale si estende temporalmente al di là del progetto tradizionalmente inteso. La «progettazione continua» trova, peraltro, riscontro nel passato (con l'evolversi delle strutture urbane) in innumerevoli esempi di progettazioni «differite» di un medesimo oggetto edilizio.

Con l'ampio significato che si dà al «progetto» si considera altresì che l'azione progettuale si manifesta alle varie scale, dal territorio al singolo manufatto, e che l'azione a ciascuna scala interagisce e si compenetra con altre in scala diversa; il progetto di una villetta se considerato a livello di struttura urbana non è altro che un atto definitorio di un precedente progetto di piano particolareggiato, e questo a sua volta è un momento successivo di una progettazione in scala superiore urbana e regionale: allo stesso modo il progetto di un pannello-facciata, prodotto in serie, è un momento che non può non intrecciarsi con i progetti che prevedono la sua applicazione; infine le stesse normative, sia generali che particolari, hanno un significato progettuale in quanto incidono a tutte le scale di intervento. Il termine che definisce l'intreccio tra successioni di azioni progettuali è *metaprogettazione:* azione progettuale che compie scelte ma al tempo stesso ha implicita una flessibilità che è consapevole degli atti progettuali che la seguiranno, cioè di ulteriori scelte che verranno effettuate ad altra scala d'intervento. Ad esempio un regolamento edilizio è un atto di metaprogettazione per un successivo momento progettuale alla scala di insiemi edilizi e di singoli edifici; il «design» di un componente polivalente per l'edilizia industrializzata rientra in un'operazione metaprogettuale, se si considera il ruolo che assumerà nelle scelte progettuali successive alla scala di organismo.

Occorre infine sottolineare che anche gli strumenti per la progettazione sono in via di evoluzione, specie per quanto concerne le operazioni di analisi e di verifica; infatti vengono sempre più utilizzati in queste

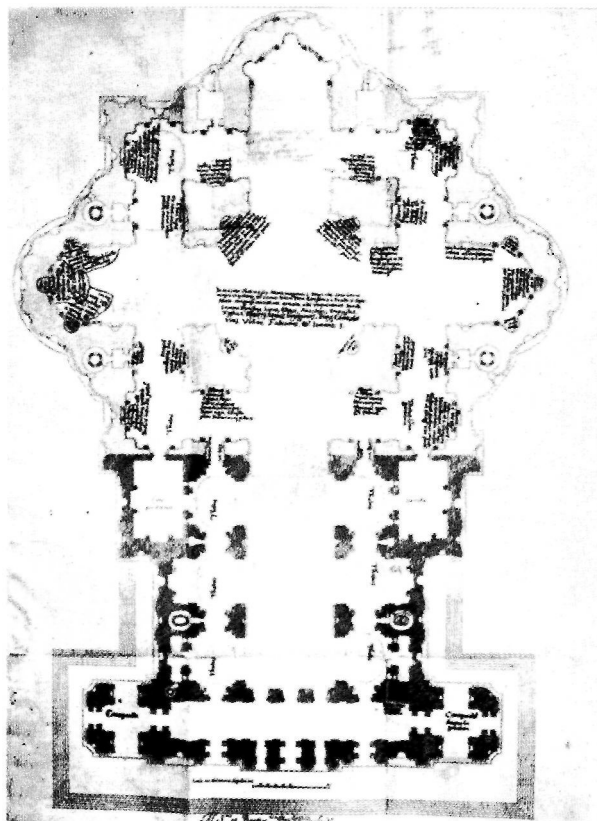
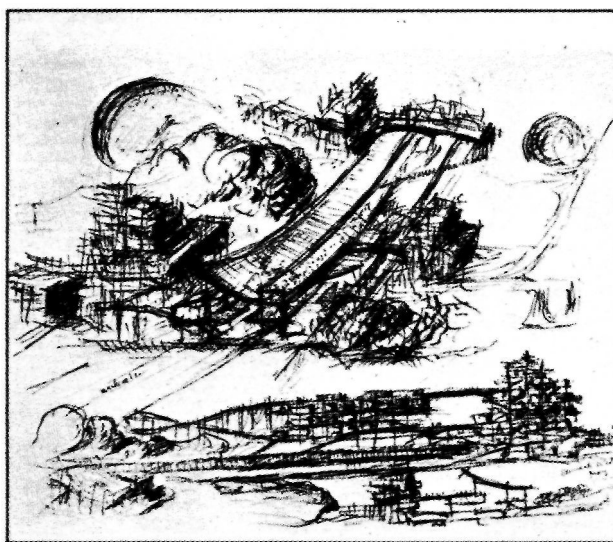



Fig. 35. Progetto per S. Pietro del Maderno sull'impianto di Michelangelo: azioni progettuali differite nel tempo, che unitamente a quella del Bernini per il porticato, esemplificano il concetto di « progettazione continua ».

Fig. 36. Struttura urbana «variabile» nel tempo: progetto Arch. G. Michelucci.

operazioni le apparecchiature elettroniche e le tecniche dell'informatica.

L'ATTIVITÀ COSTRUTTIVA

L'attività costruttiva è il momento del processo edilizio in cui si procede alla realizzazione vera e propria dell'oggetto edilizio; essa assume una diversa struttura a seconda delle modalità e dell'organizzazione adottata in un determinato contesto geografico e socio-economico per realizzare sia l'organismo edilizio che l'opera infrastrutturale.

Premesso che costruire richiede sempre *Yapprovvigionamento dei materiali, il trattamento dei materiali prima della posa in opera e la lavorazione per la posa in opera,* si possono schematizzare i seguenti modi operativi:

— *l'attività costruttiva si sviluppa e si esaurisce interamente sul luogo in cui si deve realizzare l'opera edilizia;* sono esempi significativi di questo caso limite le costruzioni delle popolazioni primitive, come i manufatti realizzati con «trovanti» (cioè con pietre reperite sul luogo), come l'igloo che si realizza in sito prelevando la neve ghiacciata, formando con essa dei conci per poi sovrapporli (vedi Tav. 14);

— *l'attività costruttiva implica sia operazioni sul luogo dove dovrà sorgere l'opera edilizia* (lavorazione a piè d'opera e in opera) *sia operazioni in altri luoghi* (lavorazione fuori-opera).

Questo secondo modo, che è il più comune, può avere diverse articolazioni:

a) le operazioni fuori-opera si limitano al prelievo di materie prime (sabbia, ghiaia, legname, pietrame, ecc.) mentre tutte le altre lavorazioni si effettuano a pie d'opera e in opera; è tipico di molte costruzioni primordiali e spontanee; per le opere infrastrutturali si può citare il caso delle dighe in terra (vedi Tav. 15);

b) le operazioni fuori opera consistono nel prelievo delle materie prime, nella preparazione di alcune di esse, nella produzione di materiali base e di determinati elementi costruttivi, mentre altri materiali ed elementi costruttivi vengono lavorati in opera e/o a pie d'opera; questo modello organizzativo è attualmente il più diffuso (vedi Tavv. 16-17);

c) tutti gli elementi costruttivi sono realizzati fuori-opera, mentre le lavorazioni in opera consistono soltanto nella preparazione del terreno di sedime, nelle fondazioni e nel montaggio degli elementi co-

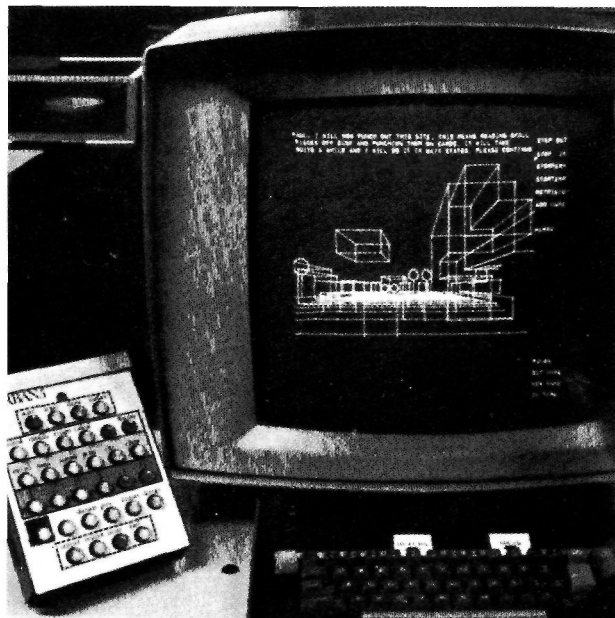
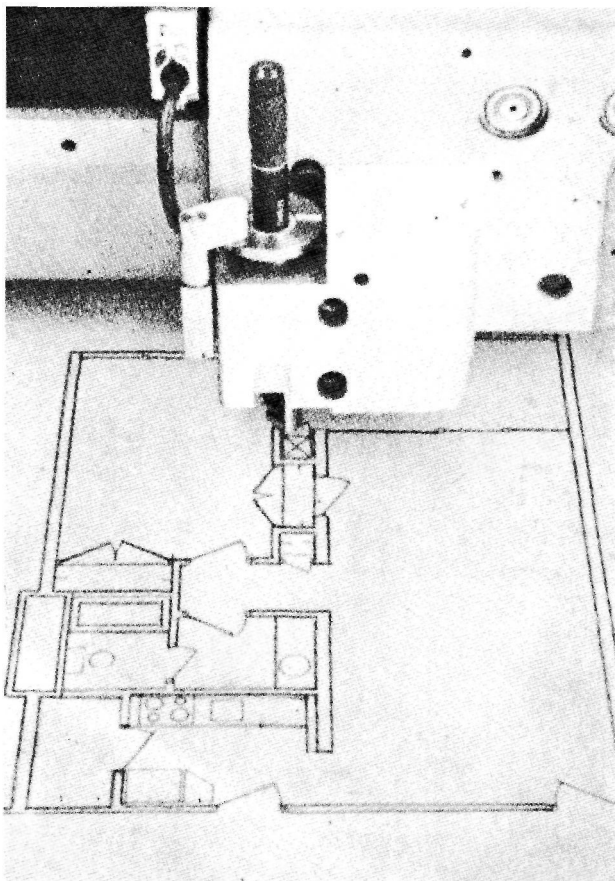



Fig. 37.

Le apparecchiature elettroniche come mezzi ausiliari di analisi e verifica nel processo progettuale: rappresentazione su monitor (fig. 37); restituzione grafica mediante plotter (fig. 38).

Fig. 38.

struttivi; questo caso è tipico delle costruzioni interamente prefabbricate, sia come organismi edilizi sia come opere infrastrutturali; si può sottolineare che questo non è attributo specifico dei nostri giorni: già gli Egizi predisponevano nelle cave i pezzi per la realizzazione di un'opera, e, per fare un esempio più vicino a noi, basterà ricordare il Palazzo di Cristallo a Londra del Paxton realizzato nel 1851 (vedi Tav. 18);

d) l'intero organismo edilizio è realizzato fuori-opera e le lavorazioni in opera si riducono alla preparazione del terreno di sedime ed alla semplice collocazione dell'oggetto finito; questo caso è tipico delle costruzioni delle popolazioni nomadi ed inoltre è particolarmente attuale se riferito alle esperienze recenti nella produzione di cellule spaziali per abitazioni unifamiliari e di mobil-houses (vedi Tav. 19); per quanto riguarda le opere infrastrutturali si possono citare i ponti mobili militari in traliccio d'acciaio.

Da quanto è stato detto ne deriva che per lo svolgimento dell'attività costruttiva si avrà sempre, ovviamente, un luogo dove erigere l'opera edilizia e predisporre l'insieme degli impianti provvisori all'uopo necessari, cioè il *cantiere edile,* ed inoltre si avranno nel caso più generale: i luoghi di prelievo di materie prime, *cave e cantieri di prelievo,* le sedi per la preparazione di materie prime, *impianti industriali,* le sedi per la preparazione dei materiali base, *stabilimenti e centrali di preconfezionamento,* infine sedi per la produzione di oggetti edilizi intermedi, *gli stabilimenti a carattere artigianale o industriale per la produzione di elementi costruttivi.*

Oggi l'attività costruttiva si estrinseca in una interrelazione ed integrazione tra lavorazioni cantieristiche e produzione di oggetti edilizi intermedi.

Da tutto ciò ne consegue un'organizzazione e dislocazione a livello territoriale delle attività costruttive che consente di individuare in un preciso contesto geografico dei *punti fissi* (cioè i luoghi e gli impianti per il reperimento e la produzione di materie prime e materiali base, e gli stabilimenti artigianali ed industriali per la produzione di elementi costruttivi) e dei *punti variabili* (i cantieri edili, cioè i luoghi dove si realizzano le opere).

In tal senso è logico parlare di un assetto sul territorio delle attività costruttive attraverso operazioni di programmazione economica e di pianificazione spazio-temporale dei *punti fissi* e *variabili* in rapporto alle esigenze socio-economiche sia specifiche del

Fig. 39. Il cantiere in epoca romana (da Eneide libro I - Vergilius Vaticanus).

Fig. 40. Il cantiere medioevale (da una Bibbia, Inghilterra XI secolo).

settore edilizio, sia della collettività interessata.

I fattori che caratterizzano sul piano strettamente esecutivo le attività costruttive sono i procedimenti costruttivi ed i mezzi per porli in atto. È evidente come un procedimento costruttivo basato sull'addizione e giustapposizione di elementi costruttivi, come ad esempio le costruzioni murarie a conci o blocchi, caratterizzi diversamente l'attività costruttiva rispetto ad un procedimento basato su getti in calcestruzzo oppure sul semplice montaggio di elementi prefabbricati.

Infatti, a seconda del procedimento costruttivo a cui si fa riferimento, si andrà configurando l'organizzazione sia della produzione di materiali base e di oggetti edilizi intermedi, sia dei cantieri edili; basterà ricordare a questo proposito che il procedimento costruttivo murario a conci o blocchi presuppone un sistema operativo basato sulle fornaci per laterizi, cave di pietra, cantieri di prelievo ed una organizzazione specifica del cantiere; altro esempio è l'organizzazione che presuppone un procedimento basato sul montaggio di elementi costruttivi prefabbricati in calcestruzzo che richiede appositi stabilimenti per la produzione in serie di tali componenti.

I mezzi per porre in atto un determinato procedimento è un altro fattore caratterizzante l'attività costruttiva tanto che possiamo avere, sia per la realizzazione di oggetti edilizi finali che intermedi, *attività basate esclusivamente sul lavoro manuale* (caratteristica tipica delle epoche passate), *attività interamente o parzialmente meccanizzate* (artigianali ed industriali).

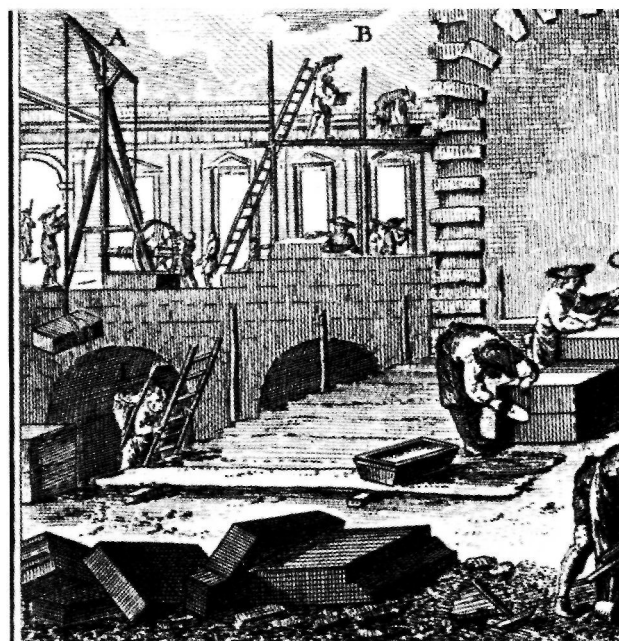
Sul piano organizzativo l'attività costruttiva, in senso lato, è caratterizzata in generale dalle scelte di politica socio-economica a livello nazionale e regionale ed in particolare dalle strutture del settore produttivo ed imprenditoriale.

Volendo accennare all'attività costruttiva nell'ambito del cantiere edile (rimandando per una trattazione più dettagliata ai testi specializzati) ci si limita alle seguenti considerazioni generali.

Si può senz'altro affermare che qualunque sia la dimensione dell'intervento è necessaria una programmazione dell'attività cantieristica ed un progetto *del cantiere* (questa è la giusta definizione); in ogni modo la programmazione ed il progetto del cantiere saranno tanto più complessi quanto più ampio ed esteso è l'intervento.

Come si è già detto, il *progetto del cantiere* è

Fig. 41. Il cantiere nel rinascimento (dal «teatro de gì' istrumenti » XVI secolo).

Fig. 42. Il cantiere nel XVIII secolo (da « Recueil de planches »).

caratterizzato dal procedimento costruttivo adottato, dagli impianti e mezzi relativi, nonché del tipo di organizzazione e dalla potenzialità dell'impresa costruttrice.

L'attività cantieristica in senso stretto consiste essenzialmente:
— nella preparazione ed impianto dell'area destinata al cantiere;
— nella preparazione del terreno di sedime, nei tracciamenti, nelle opere di scavo e di eventuale rinterro;
— nello stoccaggio e trasporto dei materiali nell'ambito del cantiere;
— nelle lavorazioni a piè d'opera e in opera;
— nella realizzazione di opere provvisionali.

L'attività cantieristica a livello di programmazione sta a significare l'organizzazione del lavoro in funzione: *temporale; dell'agibilità dello spazio destinato al cantiere; degli approvvigionamenti e del movimento dei materiali; dell'utilizzazione di mano d'opera appropriata.*

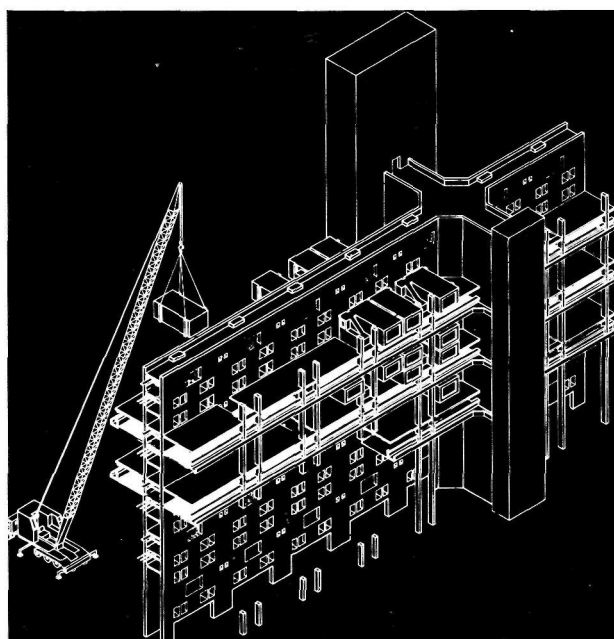
Sul piano operativo ciò che caratterizza l'organizzazione del cantiere è in particolare la gamma dei cicli di lavorazione previsti, sia nelle loro varie fasi sia nel tempo.

Con *ciclo di lavorazione* nel cantiere edile si intende il sistema di operazioni correlate, a piè d'opera e in opera, necessarie per conferire ad un elemento costruttivo funzionale determinate capacità di prestazione nell'ambito dell'organismo edilizio (vedi cap. Ili «elementi costruttivi funzionali»). Ad esempio, un ciclo di lavorazione è quello relativo a tutte le operazioni per considerare ultimate le fondazioni (dallo scavo all'esecuzione del manufatto). Analogamente un ciclo di lavorazione è quello relativo alla realizzazione di un elemento dello scheletro portante in cemento armato, ciclo che comprende: l'approvvigionamento dei materiali base; la preparazione dei calcestruzzi e delle armature metalliche; la costruzione delle casseforme con le relative opere provvisionali di sostegno; il sollevamento e la posa in opera delle armature; il getto; i tempi di stagionatura; il disarmo e gli eventuali trattamenti superficiali di finitura.

Allo stesso modo si può definire un ciclo di lavorazione relativo agli elementi delle chiusure verticali, degli orizzontamenti, delle coperture, e così via.

Ovviamente nell'ambito di un ciclo di lavorazione si potranno avere più fasi secondo una precisa successione di operazioni, che configurano dei veri e propri sub-cicli anche temporalmente differenziati ed

Fig. 43. Il cantiere nel XIX secolo: la torre Eiffel in costruzione.

Fig. 44. Il cantiere meccanizzato di oggi.

eventualmente integrati con cicli di lavorazione di altri elementi costruttivi funzionali.

L'organismo edilizio si realizza, quindi, attraverso un sistema di cicli di lavorazione *(sistema cantieristico)* relativi ai vari elementi costruttivi funzionali previsti nell'opera; nel sistema cantieristico si possono individuare sub-sistemi di cicli di lavorazione, cioè « insiemi correlati » ciascuno dei quali afferente ad un determinato elemento di fabbrica (vedi fig. 46). Ad esempio la realizzazione delle chiusure verticali in un organismo murario richiede l'insieme correlato di cicli di lavorazione relativi, rispettivamente, alla elevazione delle murature, alle opere di finitura e protezione (interna ed esterna) dei setti murari, alla posa in opera dei serramenti, (vedi anche Tav. 20)

Per quanto concerne l'organizzazione della produzione degli oggetti edilizi intermedi (elementi costruttivi) tale attività si inquadra in una programmazione a livello industriale e prevede in generale la realizzazione di stabilimenti progettati in funzione del ciclo di lavorazione e degli spazi necessari per le attrezzature, per gli impianti e per le maestranze, (vedi anche Tav. 21)

LA GESTIONE

Il processo edilizio, come si è già detto, nell'ambito delle popolazioni primitive, e comunque nelle collettività organizzate in senso comunitario, è gestito in modo diretto da parte della comunità che è al tempo stesso «utente» e «costruttore»; oggi al contrario la gestione del processo edilizio si estrinseca in forma articolata e complessa.

Innanzitutto il modo di gestione varia in base alle ideologie e alla impostazione politica a livello socio-economico; ciò in pratica definisce il ruolo che assume il potere pubblico nei confronti dell'attività edilizia in tutti i suoi aspetti.

Quando il bene edilizio è considerato una conquista dovuta all'iniziativa privata, cioè il bene edilizio è l'espressione del potere economico del singolo o di una collettività, l'intervento pubblico nella gestione del processo edilizio, lasciando che il processo stesso si manifesti sostanzialmente in base ai principi della domanda e dell'offerta in un libero mercato, si limita ad operazioni di regolazione e controllo dall'esterno, in genere con provvedimenti di carattere economico.

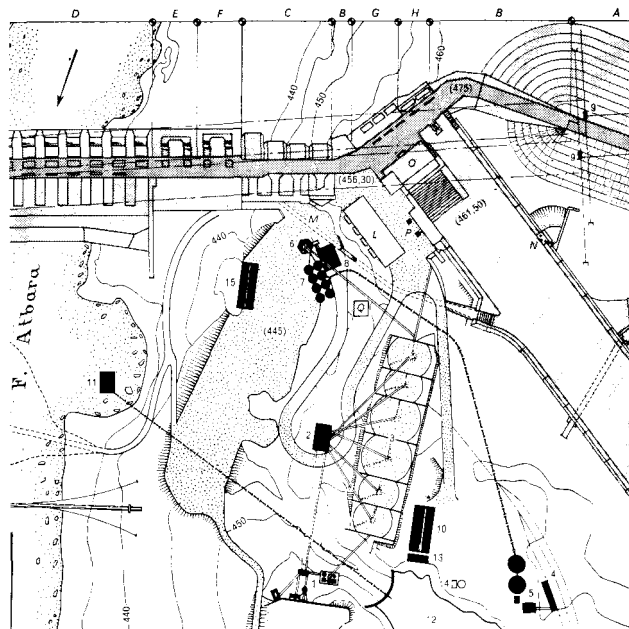
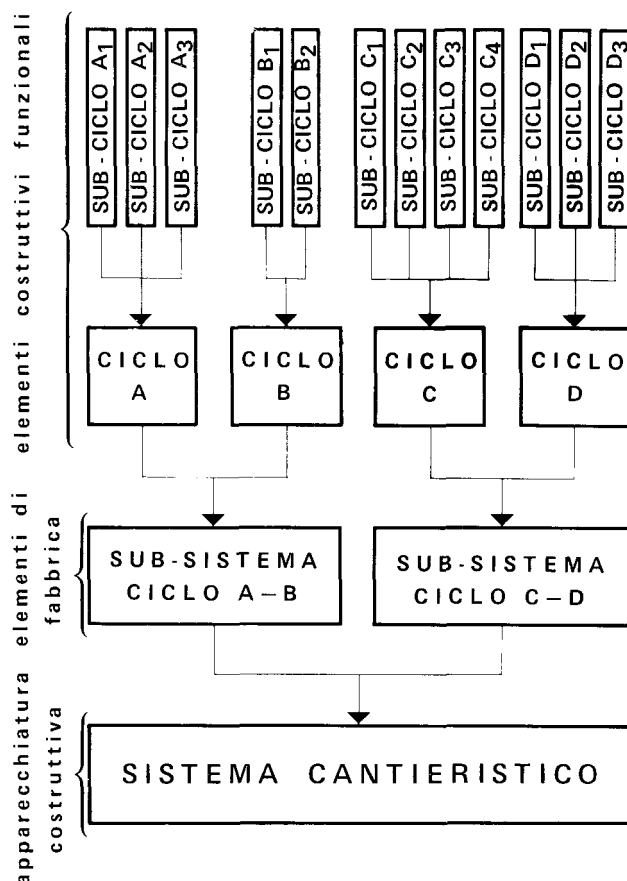



Fig. 45. Progetto del cantiere per l'impianto idroelettrico di Khashm el Girba (Sudan).

Fig. 46. Schematizzazione del sistema cantieristico.

In questo caso il modo di gestire il processo edilizio è conseguente al rapporto di potere che esiste tra l'utenza, intesa come insieme di coloro che chiedono il bene edilizio, i proprietari del suolo e gli imprenditori economici.

A seconda che prevalga l'uno rispetto agli altri si hanno i ben noti fenomeni della speculazione edilizia, del monopolio del settore produttivo, dell'abusivismo.

Inoltre il considerare un bene edilizio come conquista sociale conduce a valutarlo in funzione del livello economico che esprime; è significativa in questo senso la classificazione che il modello borghese di «escalation» sociale comporta per la casa: abitazione precaria, abitazione popolare, abitazione media, abitazione di lusso.

In particolare il potere politico interviene laddove l'iniziativa privata non intende operare: grandi opere infrastrutturali; servizi per la collettività; edilizia residenziale economica e popolare a fini prettamente assistenziali.

Quando il bene edilizio è considerato un servizio per la collettività e il singolo, cioè è l'espressione del soddisfacimento di basilari esigenze di vita, l'intervento del potere pubblico è fondamentale e si manifesta a tutti i livelli e in tutti i momenti del processo edilizio.

I provvedimenti dello stato e del potere pubblico ai vari livelli si incentrano essenzialmente su una programmazione generale per lo sviluppo economico e per l'assetto del territorio, in leggi e norme per l'edilizia ai vari settori (opere infrastrutturali, residenza, scuola, sanità, ecc.), leggi per il finanziamento, la produzione, l'assegnazione e il godimento del bene edilizio.

Inoltre l'intervento pubblico contempla la realizzazione delle opere edilizie sia in modo diretto, attraverso proprie industrie ed enti specializzati, sia indiretto, attraverso un'appropriata regolamentazione dell'iniziativa privata.

Da quanto detto si può intuire come il modo di svilupparsi della gestione del processo edilizio è conseguente anche al modo in cui è gestito il territorio, specie per quanto concerne l'uso del suolo (in senso privatistico o sociale).

In ogni caso oggi l'utente effettua un'azione di delega ad altri ritenuti esperti e specializzati, ai vari livelli, nella realizzazione del bene edilizio. La delega può manifestarsi in modi diversi.

Un modo è il seguente: l'utenza delega la proget-

Fig. 47. Costruzioni di baraccati a Napoli.

Fig. 48. L'espansione a macchia d'olio a Roma.

tazione, la direzione dei lavori e la costruzione dell'organismo edilizio riservandosi la gestione generale ed economica del processo; in questo senso è tipica la iniziativa privata, singola o di gruppo, per realizzare abitazioni, sedi commerciali, stabilimenti ecc.

Un altro modo è così sintetizzabile: l'utente rinunzia anche alla gestione generale ed economica del processo affidandosi all'iniziativa privata immobiliare o ad enti pubblici.

Nel primo caso, affidamento all'iniziativa privata immobiliare, è il mercato, rappresentato dalle imprese immobiliari e costruttrici, ad offrire il bene edilizio (ad esempio il bene casa) attraverso l'acquisto o l'affitto; l'utente, quindi, intervenendo soltanto nel momento della entrata in esercizio del bene edilizio, ha possibilità di scelta limitate e condizionate da ciò che il mercato stesso intende o è capace di dare (deducendole, nel caso migliore, da un'operazione di marketing).

Nel secondo caso l'utente si affida direttamente o indirettamente ad enti di committenza pubblica (in Italia, ad esempio, gli istituti autonomi per le case popolari) che provvedono a gestire sul piano programmatico, tecnico ed economico l'intero processo progettuale e realizzativo. Gli enti di committenza pubblica possono offrire un bene edilizio (ad esempio la casa) in affitto, a riscatto, od in proprietà, riservandosi, o meno, anche la gestione della manutenzione.

Se gli enti di committenza pubblica consentono, in uno o più momenti del processo progettuale e realizzativo, l'intervento dell'utente (in modo diretto o attraverso organi rappresentativi) si può parlare di partecipazione attiva dell'utenza; altrimenti si ricade in una partecipazione passiva del tutto analoga a quella che produce la gestione privatistica da parte di imprese immobiliari e costruttrici. In questa evenienza, l'utente, non partecipando minimamente alla nascita del bene edilizio, si limita ad effettuare il «pagamento a scatola chiusa», riservandosi l'onere, più che la gestione, della conduzione e della manutenzione.

Ovviamente la gestione (tecnico-economico-amministrativa) del processo edilizio può essere disaggregata nei vari momenti in cui si manifesta, e quindi si può parlare di una gestione della fase programmatica, della fase progettuale, della fase esecutiva ed ancora della fase di esercizio del bene edilizio, ed infine di una gestione della produzione degli oggetti edilizi intermedi. Di ciò si dirà indirettamente nell'esaminare i protagonisti del processo edilizio.

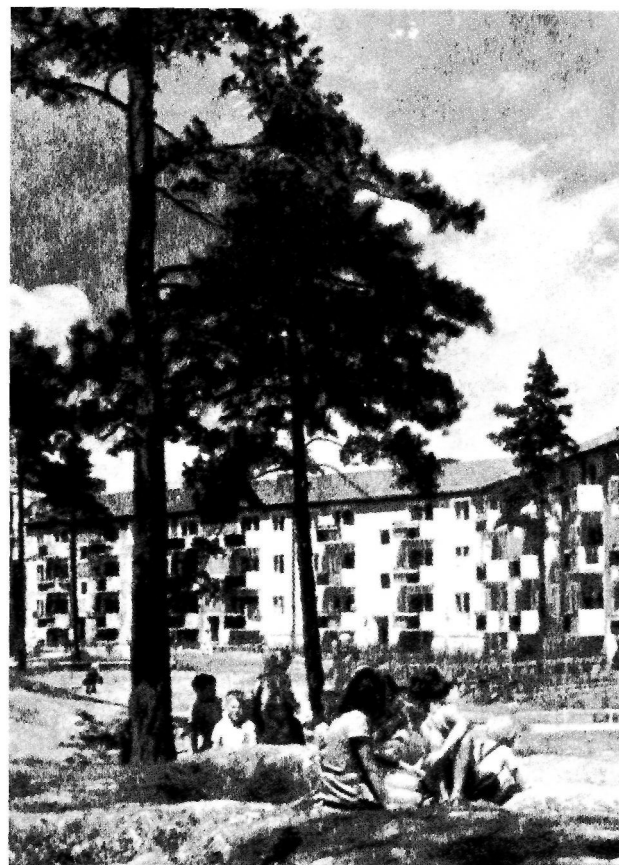



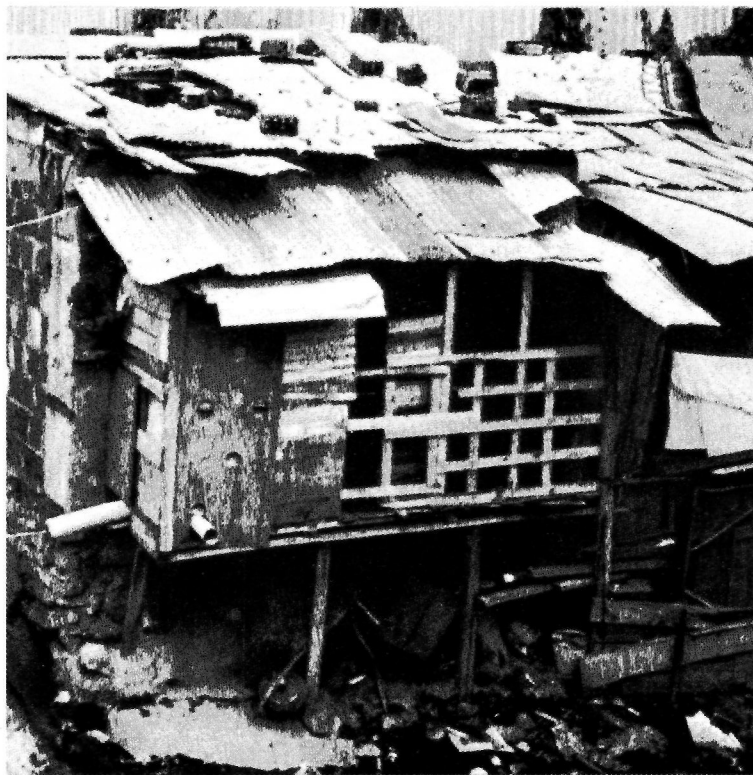
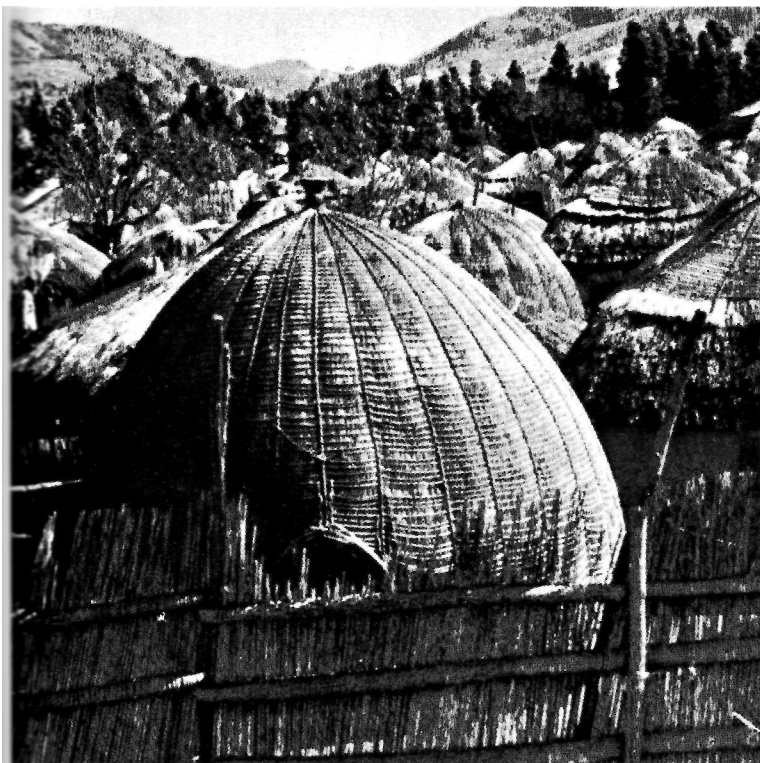
Fig. 49, Unità residenziale in Svezia.

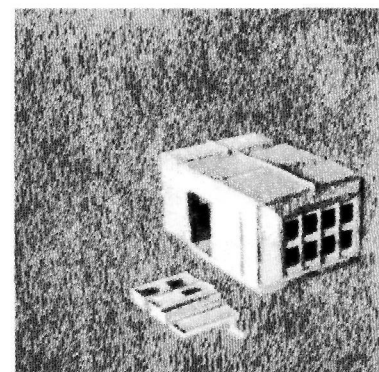
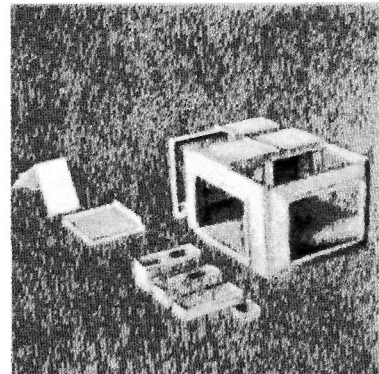
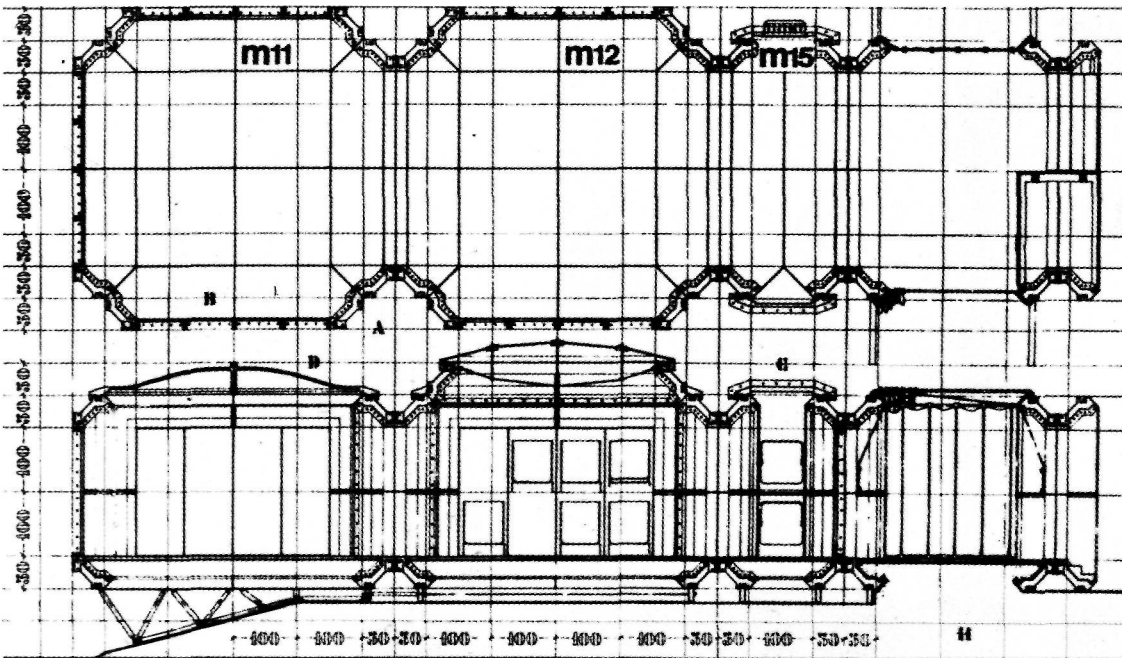
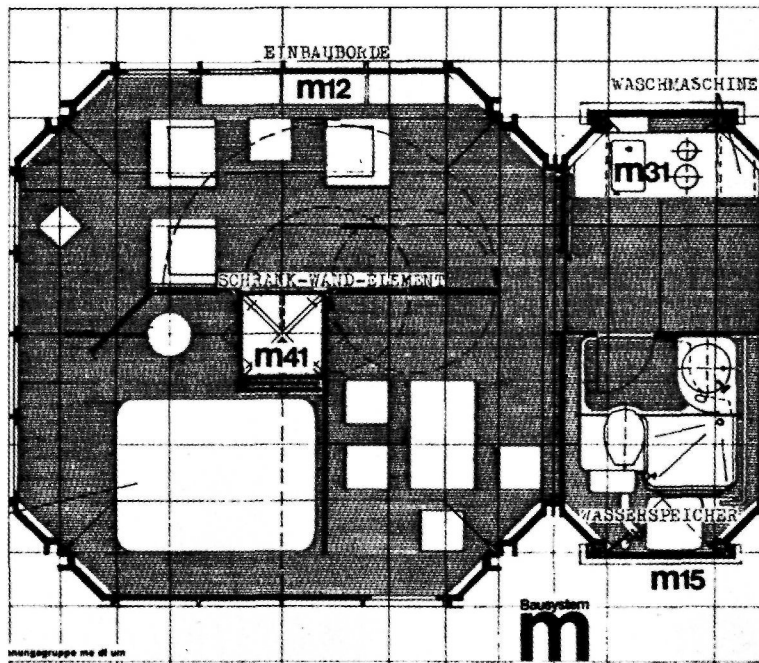
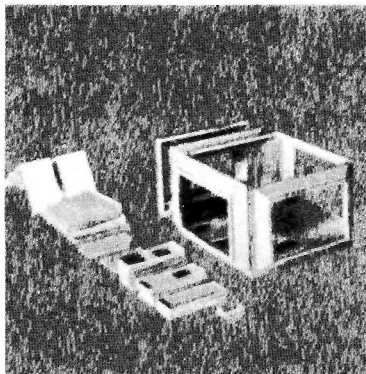
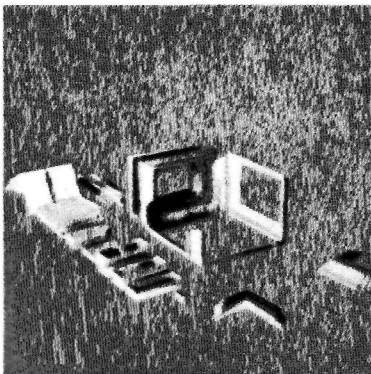
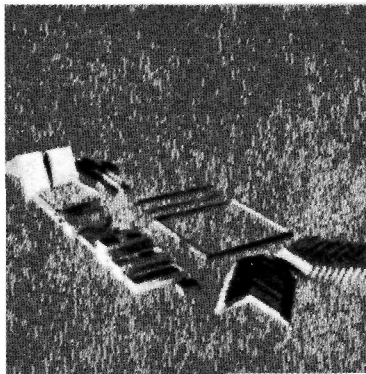
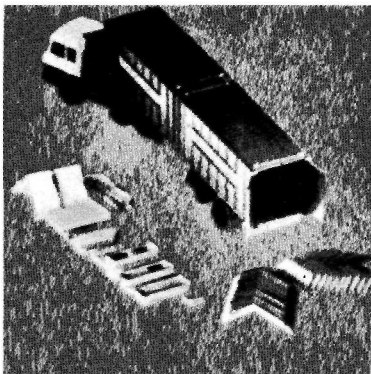
Fig. 50. La partecipazione degli utenti alla gestione; assemblea al comune di Rimini per il P. R. G.

TAVOLE

DA 9 A 21

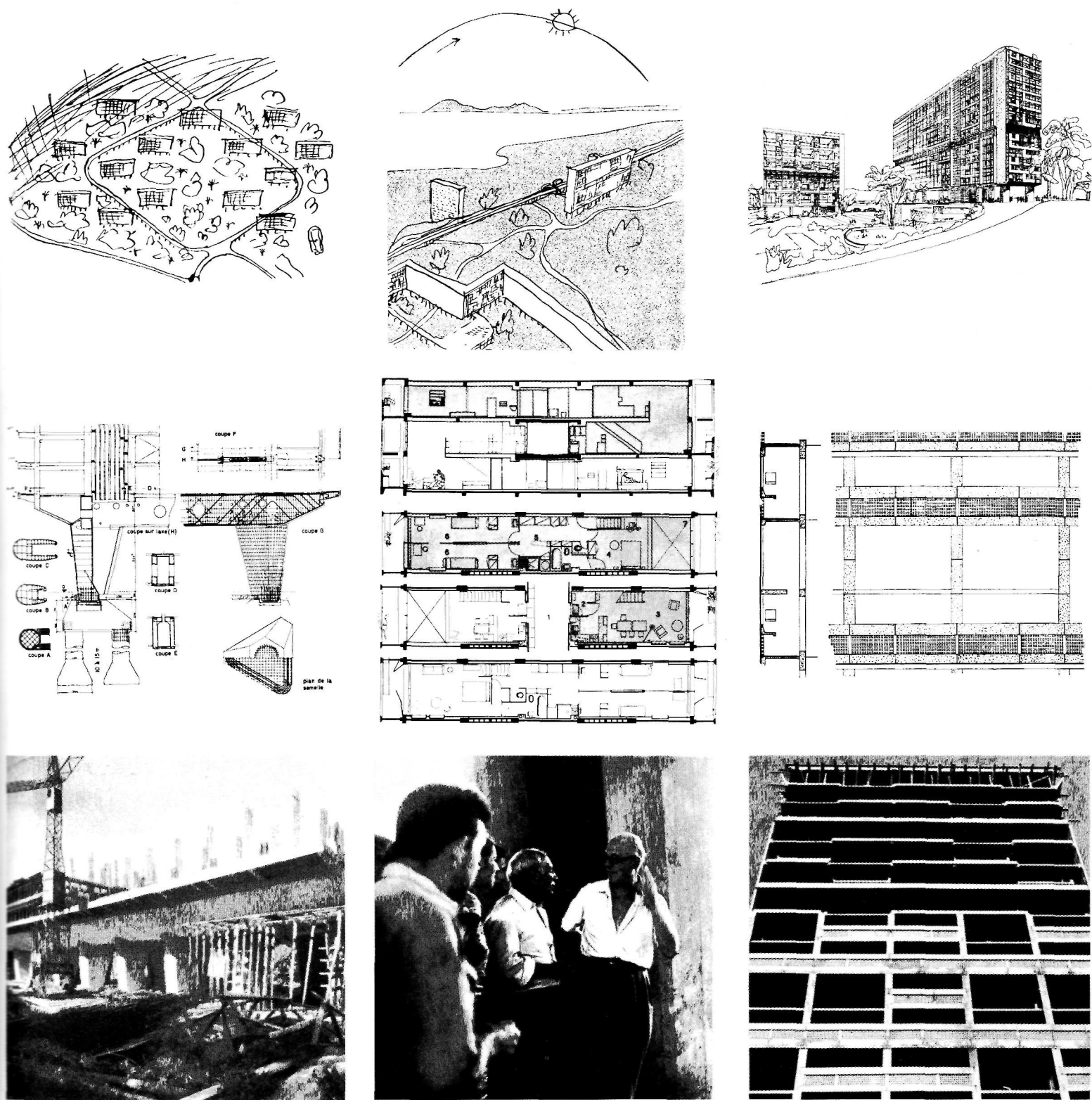
TAV. 9. — IL PROGETTO

a	b
c	d

Il progetto si manifesta nel farsi dell'opera, senza tramiti grafici o scritti tra concezione ed esecuzione. È l'operare tipico delle comunità primitive (a), dell'attività artigianale propria dei secoli passati (b), dell'architettura **gestuale** promossa oggi da avanguardie culturali o posta in essere dalle **comuni (c)** e, infine, dell'abusivismo come prodotto di sperequazioni economiche e sociali ai margini delle alienanti periferie urbane contemporanee (d). In tutti gli esempi è evidente come l'utente gestisca in modo diretto e immediato sia la progettazione sia l'esecuzione.

a, villaggio primitivo; b, trulli ad Alberobello-Puglie; e, architettura gestuale (naturai design); d, costruzione abusiva del sottoproletariato a Caracas.

a	b
c	d

TAV. 10. — IL PROGETTO.

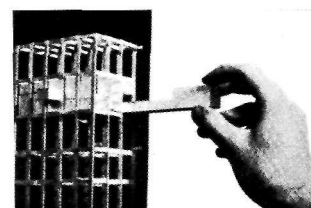
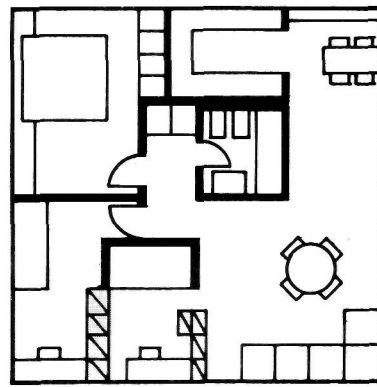
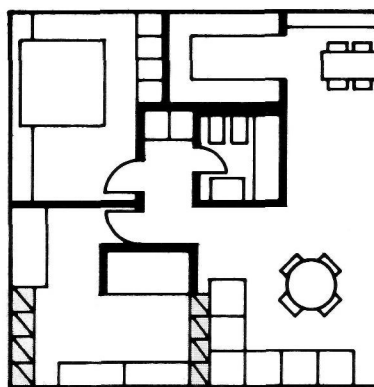
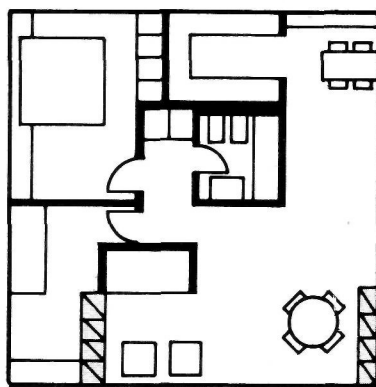
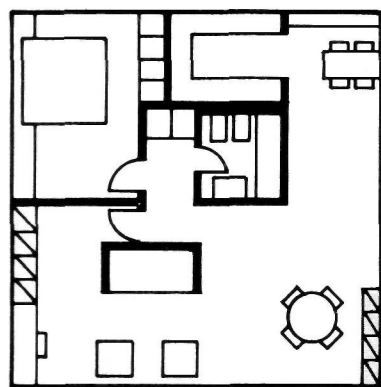
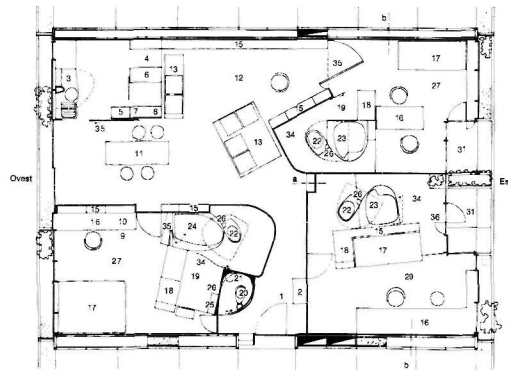
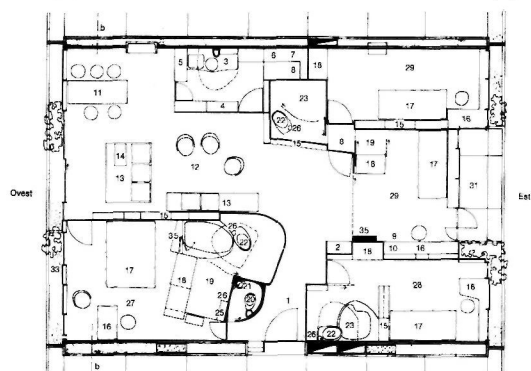
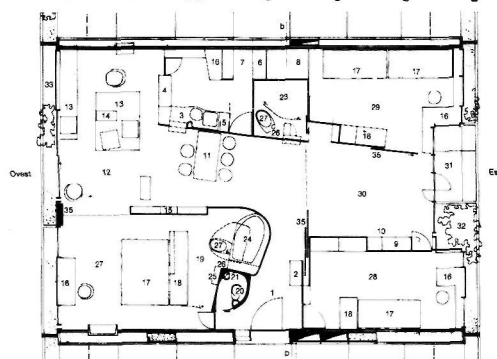
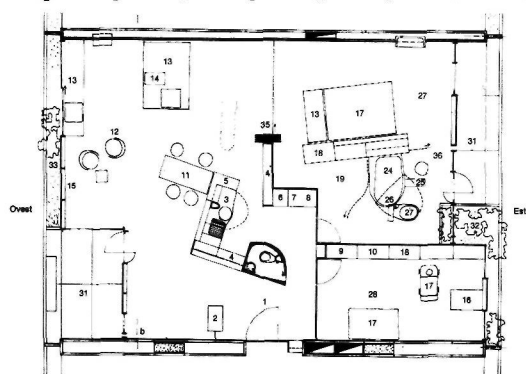
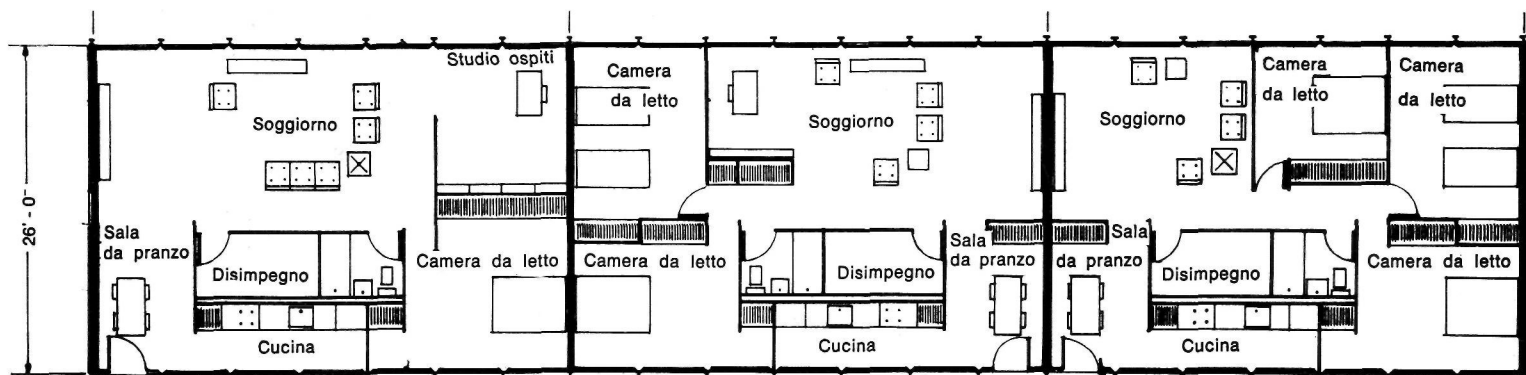
Esempio di produzione industrializzata di un organismo edilizio che implica a. monte della realizzazione una progettazione esaustiva di tutte le scelte necessarie per considerare definita l'opera, lasciando alla fase esecutiva il semplice atto materiale del montaggio.

Progetto di una mobil-home (b, c) comprensivo di istruzioni per il montaggio (a, d), prog. Gruppo «ME-DI-UM».

TAV. 11. — IL PROGETTO

Iter progettuale che dalla fase preliminare di approccio passa alla fase esecutiva e investe anche la fase cantieristica.
In tale senso è emblematica l'azione-progetto per **l'unite d'abitation** a Marsiglia di Le Corbusier che effettua senza soluzione di continuità e con risultato unitario scelte nei vari momenti operativi: nella fase di impostazione (a, b, c, l); nella elaborazione degli esecutivi (d, e, f); nei sopralluoghi in cantiere (g, h, i).

a	b	c
d	e	f
g	h	i

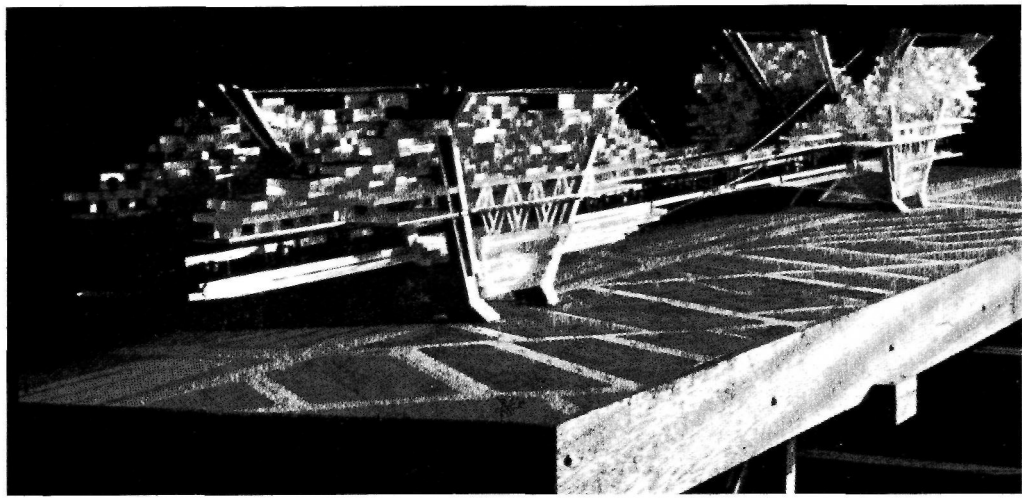
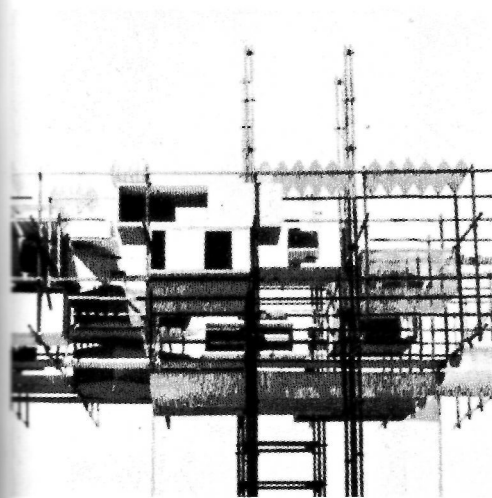
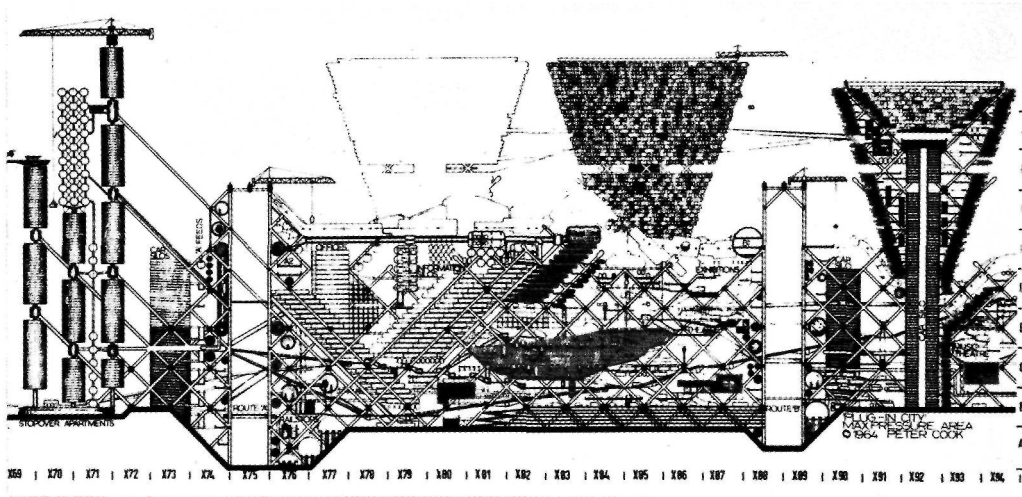
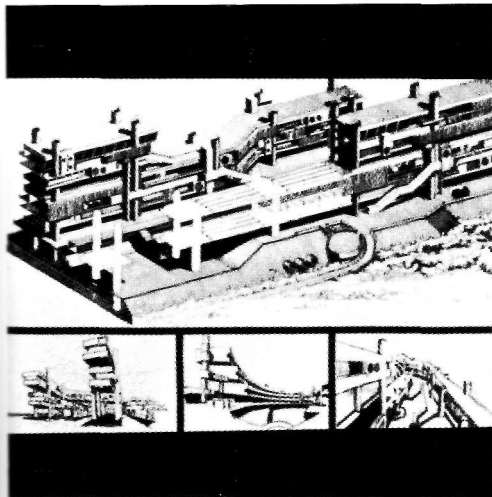
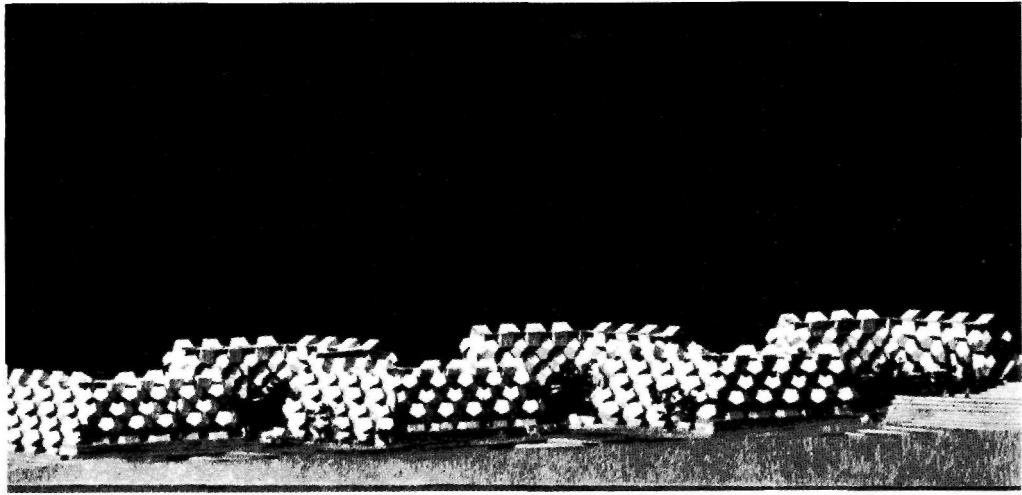
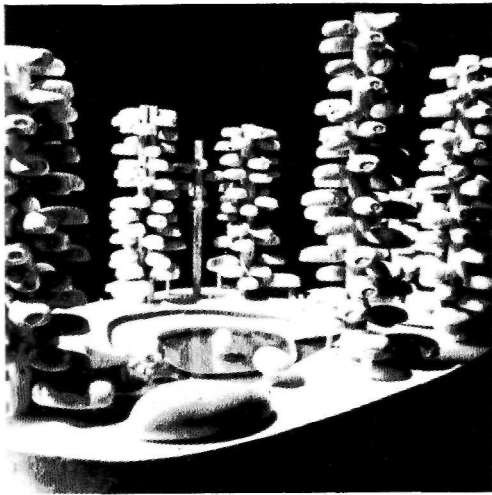
l

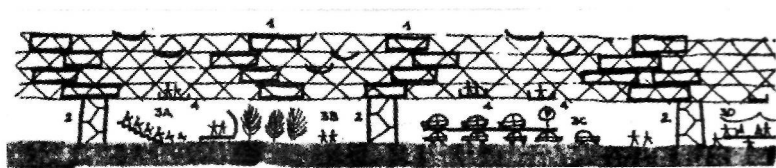
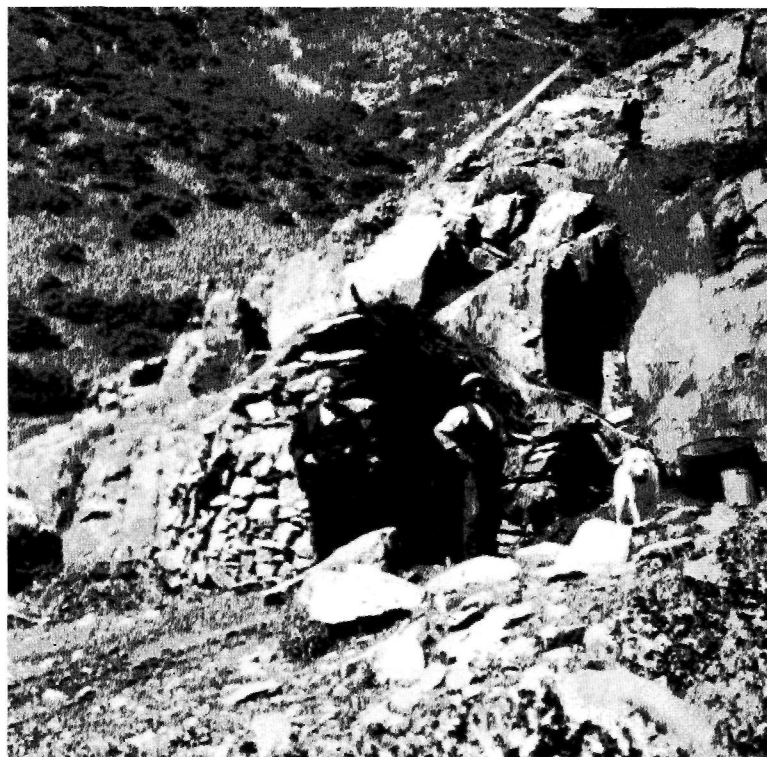
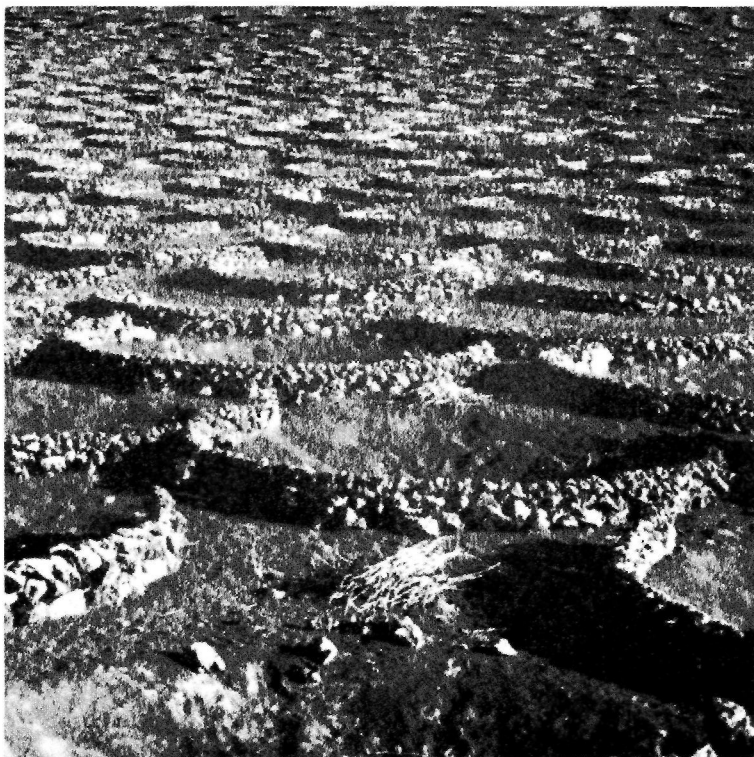
a, b, e, studi preparatori; d, esecutivo dell'ossatura in cemento armato; e, piante e sezioni «tipo » degli alloggi; f, sezione-prospetto; g, i, il cantiere; h, Le Corbusier con Picasso sul cantiere; l, «maquette» di studio.

TAV. 12. — IL PROGETTO

Il progetto può implicare più alternative di conformazione dello spazio interno da scegliere in fase esecutiva (flessibilità progettuale): a, progetto di Mies van der Rohe, che a parità di superficie della cellula (giocando sulla entità del soggiorno) consente di alloggiare 2-4-6 persone.

L'azione progetto può estendersi fino alla fase di esercizio, dando all'utente la possibilità di mutare nel tempo la configurazione dello spazio interno; in tal senso sono significative le progettazioni basate sulla flessibilità d'uso dell'alloggio che, a parità di superficie, consentono una diversa conformazione interna al variare dei membri della famiglia mediante lo spostamento di componenti d'arredo; b, studio per la trasformabilità nel tempo da 2 a 6 persone, con una superficie di mq. 125 (Chenut); c, mediante lo spostamento di pareti attrezzate in un alloggio di 64 mq. si passa dalla sola coppia (A), alla coppia più un figlio (B), alla coppia più due figli dello stesso sesso (C), oppure a due figli di sesso diverso (D) (E. Mandolesi).

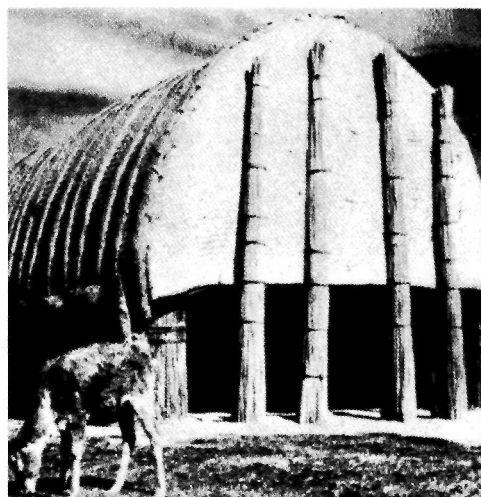
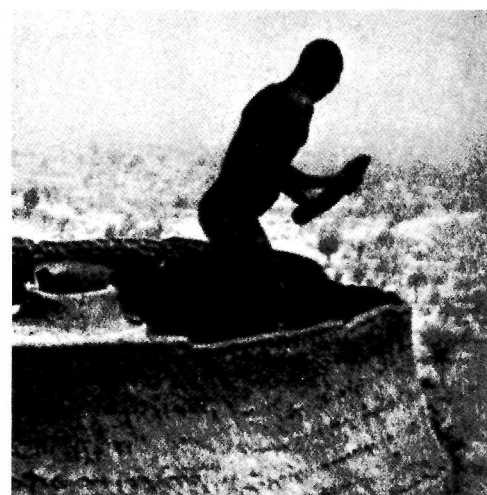
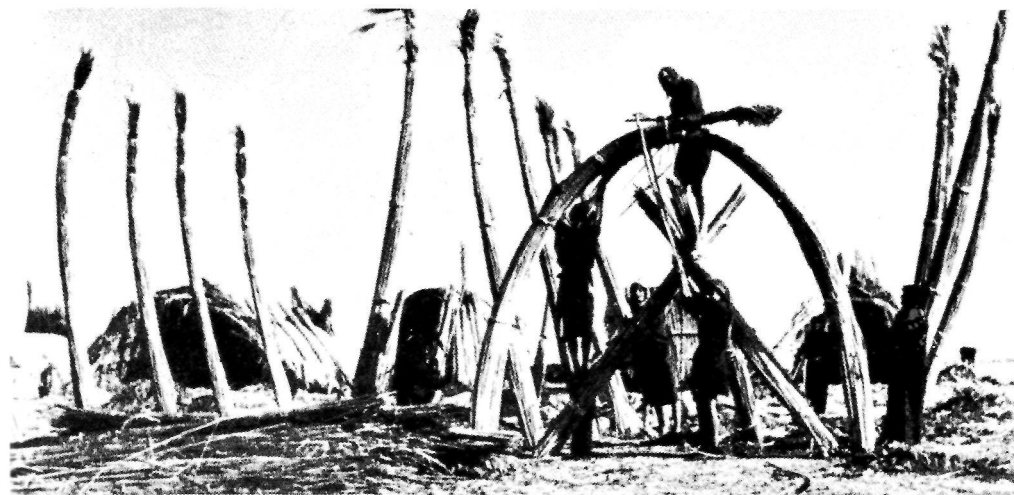
TAV. 13. — IL PROGETTO

a	b
c	d
e	f
	g

Progetti basati sul principio della **progettazione continua** che, ipotizzando una struttura urbana autodefinentesi nel tempo, prevedono una aggregazione **spontanea** di cellule secondo un tessuto connettivo sia verticale (a) sia orizzontale (b), oppure precostituiscono una macrostruttura di servizio come supporto ad entità volumetriche definibili nel tempo e variamente aggregabili (c, d, f, g). Con tale progettazione si intende conferire alla struttura urbana un dinamismo formale ed una flessibilità nel tempo: **città variabile.**

a, aggregazioni in verticale (arch. D. Grataloup); b, complesso residenziale Ramot a Gerusalemme (arch. Z. Hecker); e, progetto per il centro direzionale di Latina (prog. L. Degli Liberti, E. Mandolesi, O.T.E.); d, la Plug-in City (Archigram); e, ipotesi di aggregazioni urbane variabili (arch. E. Schulze-Fielitz); f, macrostruttura urbana (arch. R. Sarger); g, ipotesi di macrostruttura urbana (arch. Friedman).

a	b
c	d

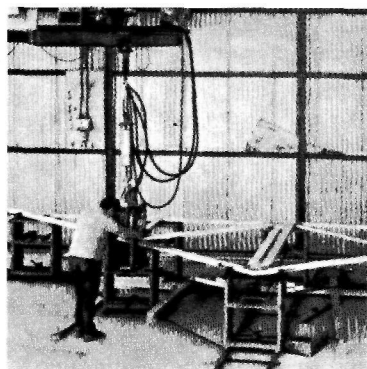
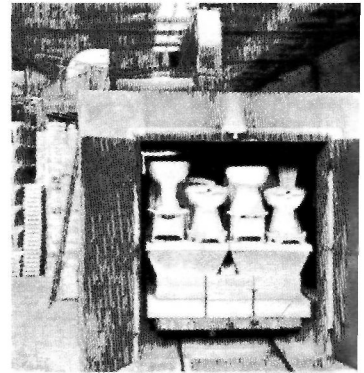
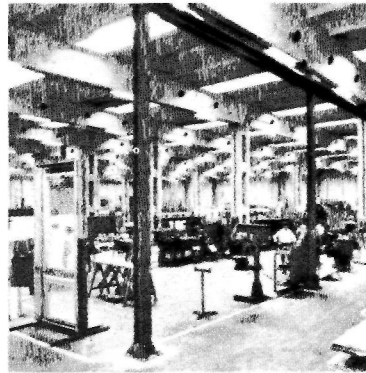
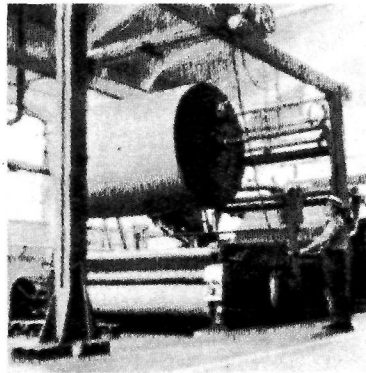
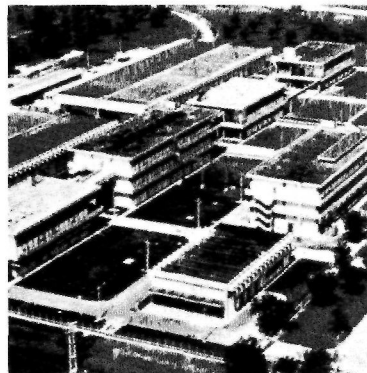
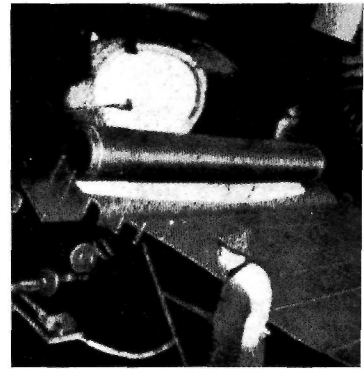
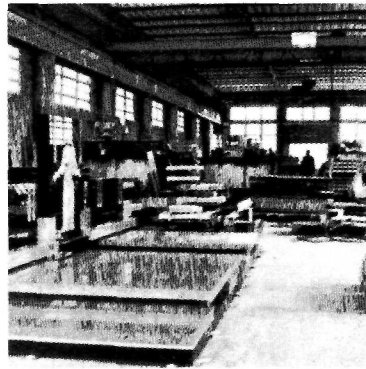
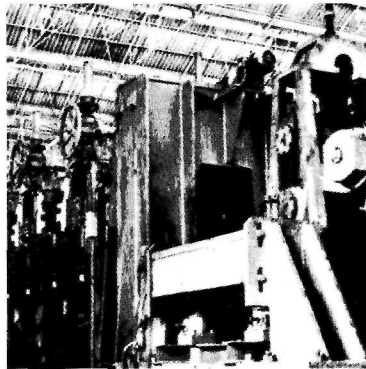
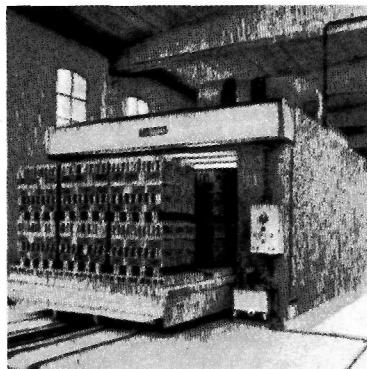
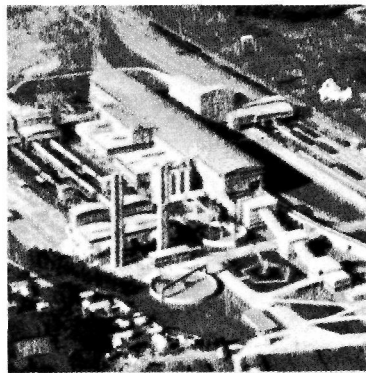
TAV. 14. — L'ATTIVITÀ COSTRUTTIVA

Un livello elementare di organizzazione dell'attività costruttiva si ha nelle realizzazioni delle popolazioni primitive e delle comunità contadine, che reperiscono il materiale da costruzione sul posto. Il processo edilizio, sia come progettazione che come esecuzione, si esaurisce in sito quale risposta immediata e diretta alle esigenze abitative.

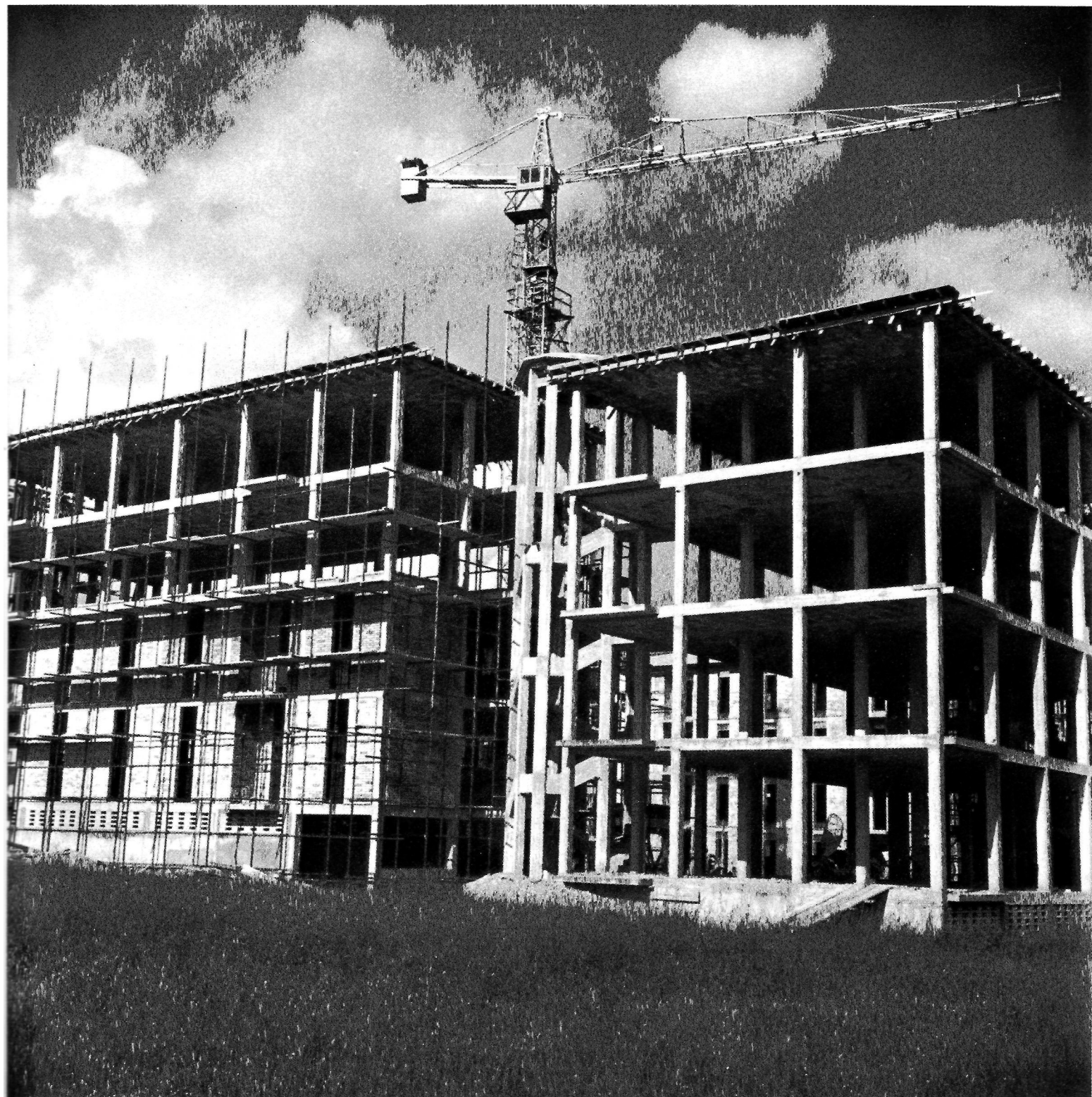
a, muri di protezione in zone agricole delle Canarie; b, realizzazione di ricoveri mediante muratura a secco di *trovanti* in pietra nel Mezzogiorno d'Italia; c, ricovero di tribù africane costruito in *trovanti* di legno; d, l'igloo degli eschimesi in conci di neve pressata.

TAV. 15. — L'ATTIVITÀ COSTRUTTIVA

a	d
b c	e
f	g

Un modo di edificare in forma collettivamente più organizzata, che presuppone una pianificazione spazio-temporale dell'attività costruttiva, anche se embrionale, consiste nel reperire in luoghi opportuni le materie prime e svolgere tutte le altre fasi costruttive a piè d'opera o in opera. Questo modo di operare è tipico delle comunità primitive (a, b, c, d, e, f). Attualmente si può ricondurre a questo modo operativo, nelle debite proporzioni, la costruzione, ad esempio, delle dighe in terra (g).

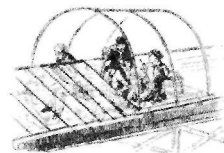
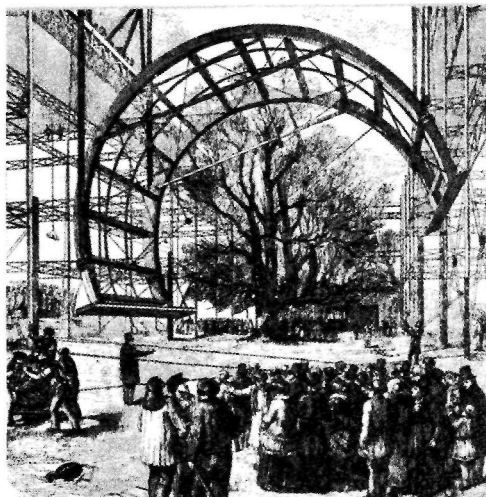
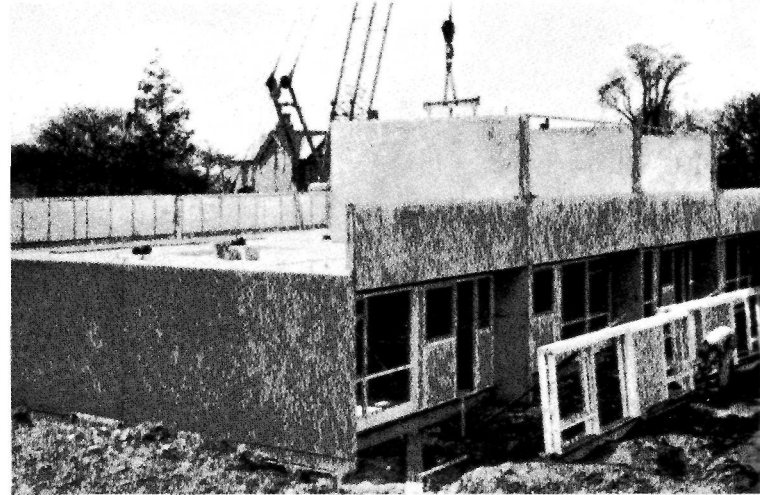
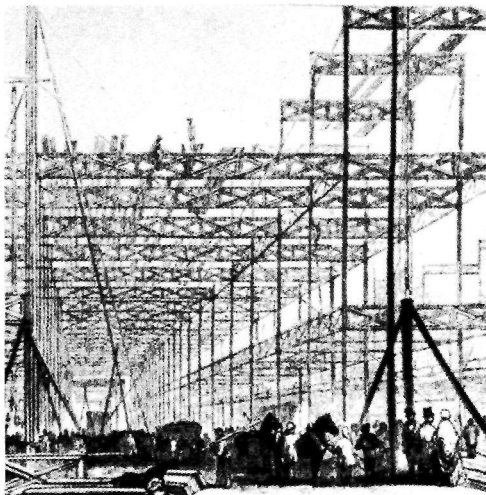
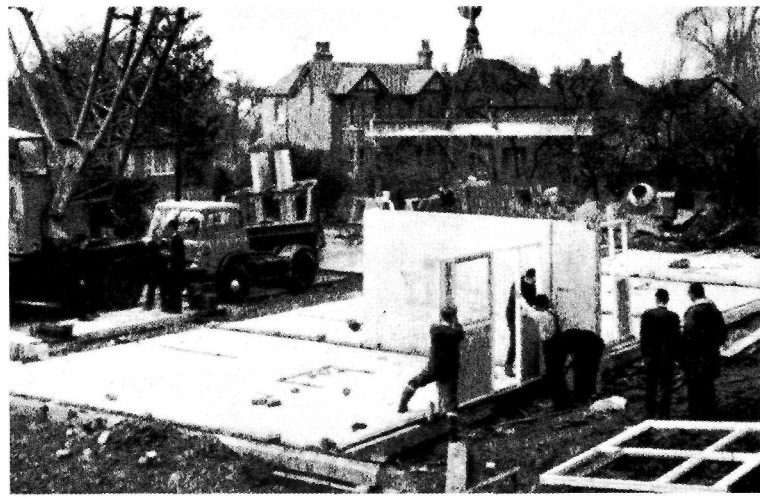
a, b, c, realizzazione con materiale vegetale di ricoveri nella Nuova Guinea; d, e, costruzioni africane in terra argillosa e acqua impastata a mano; f, villaggio Dogon; g, diga in «terra» per l'impianto idroelettrico di Tarballa, Pakistan.

a	b	c	d
e	f	g	h
i	l	m	n
o	p	q	r

TAVV. 16-17. — L'ATTIVITÀ COSTRUTTIVA

L'organizzazione dell'attività costruttiva si è andata polarizzando nel tempo su due settori produttivi differenziati ma tra loro integrati: da un lato il cantiere propriamente detto, dall'altro il settore sempre più ampio relativo alla produzione delle materie prime, dei materiali base e degli elementi costruttivi. Attualmente, infatti, il modello organizzativo è tale che l'attività cantieristica usufruisce sempre di più di una serie di « materiali » prodotti artigianalmente o industrialmente. Anche se il cantiere rimane l'elemento primario della edificazione, tuttavia il processo di industrializzazione ha ridotto al minimo le lavorazioni dei materiali in cantiere. Il settore produttivo (esterno al cantiere) è articolato come segue:
impianti per il prelievo e preparazione delle materie prime (ad es. le cave di ghiaia (a), di pietra, ecc.); impianti per la lavorazione delle materie prime per l'edilizia (ad es. stabilimenti per la preparazione della calce (b), del cemento (c), del gesso (d) e impianti siderurgici che producono per l'edilizia, ecc.); impianti per la produzione di materiali base (ad es. stabilimenti di vernici (i), centrali di preconfezionamento per conto terzi di malte e calcestruzzi); impianti per la produzione di elementi costruttivi base (ad es. fornaci per la produzione dei laterizi (e), stabilimenti per la lavorazione dei profilati metallici (f), dei marmi (g), per la produzione di lastre dì vetro (h), di pezzature di legname, di manti impermeabilizzanti (l), di mattonelle (q), ecc.); impianti per la produzione di elementi costruttivi funzionali (ad es. serramenti (m), capriate (o), pannelli-facciata, pannelli-solaio (p), travi da ponte, ecc.); stabilimenti per la produzione di tubazioni, apparecchi igienico-sanitari (n), cavi e apparecchiature elettriche, termosifoni (r), ecc.

(segue)

Le immagini della Tav. 16 (certamente non esaustive) unitamente a quella della Tav. 17 sintetizzano la stretta correlazione che oggi sussiste tra l'attività cantieristica e il settore artigianale o industriale che produce materiali per l'edilizia; con ciò si vuole sottolineare che l'industria edilizia si configura attualmente come un sistema complesso di relazioni tra il settore delle imprese costruttrici e quello delle ditte produttrici di materie prime, materiali base ed elementi costruttivi.

s

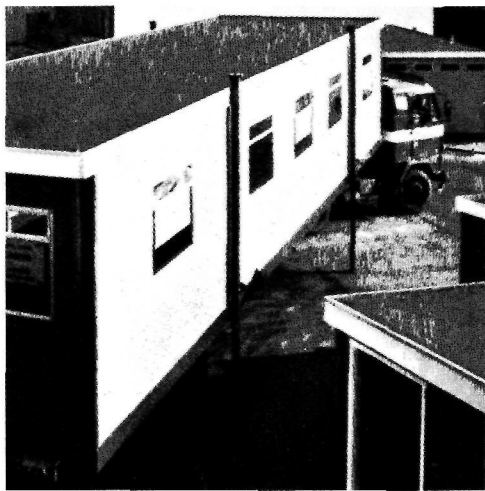
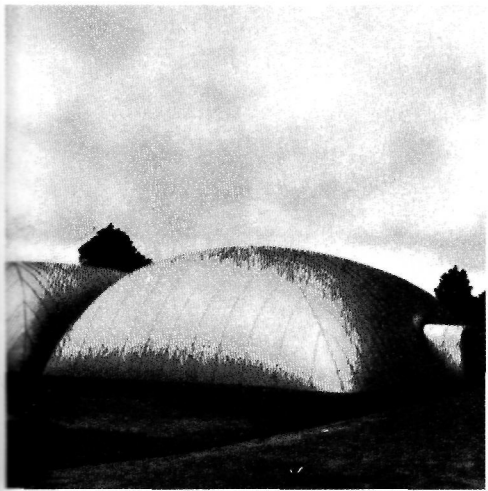
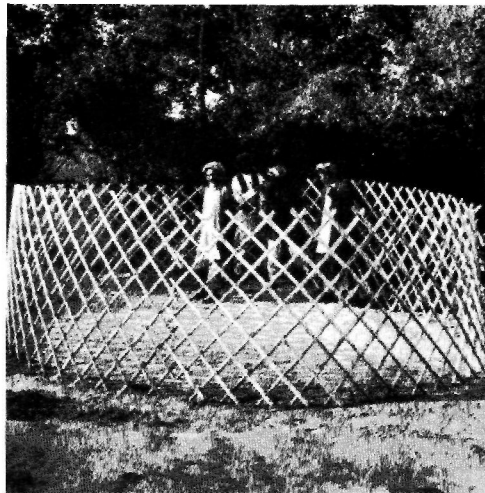
s, cantiere di un quartiere residenziale a Campobasso (1960).

a	d
b	e
c	f

TAV. 18. — L'ATTIVITÀ COSTRUTTIVA

Oggi si tende a trasferire la maggior parte delle lavorazioni dal cantiere all'officina, adottando, sia in forma artigianale che industriale, la prefabbricazione di parti finite dell'organismo edilizio o dell'opera infrastrutturale (ponti, viadotti, ecc.). Con questa impostazione si possono realizzare fuori opera, al limite, tutti gli elementi costruttivi, e l'attività cantieristica si riduce così ad una semplice operazione di montaggio, salvo le necessarie operazioni per la preparazione del terreno di sedime e per la realizzazione delle fondazioni; questo è il caso tipico delle costruzioni interamente prefabbricate come quella illustrata nelle figure d, e, f. Tuttavia bisogna tenere presente che il criterio dì prefabbricare fuori opera parti della costruzione risale a tempi molto lontani, in quanto il costruttore, sin dai primordi, ha sempre cercato di razionalizzare il lavoro del cantiere predisponendo, nei limiti del possibile, i **pezzi** fuori opera. L'utilizzazione dei **trovanti** ha in nuce il principio proprio della prefabbricazione, cioè di impiegare **pezzi** già lavorati fuori del cantiere.

Gli Egiziani, come dimostra il ritrovamento di un obelisco preformato in cava (a), predisponevano i pezzi di un'opera nelle zone di prelievo della materia prima, inviandoli sul posto, prima, attraverso il Nilo, poi, sulla terra ferma mediante attrezzature di trasporto.

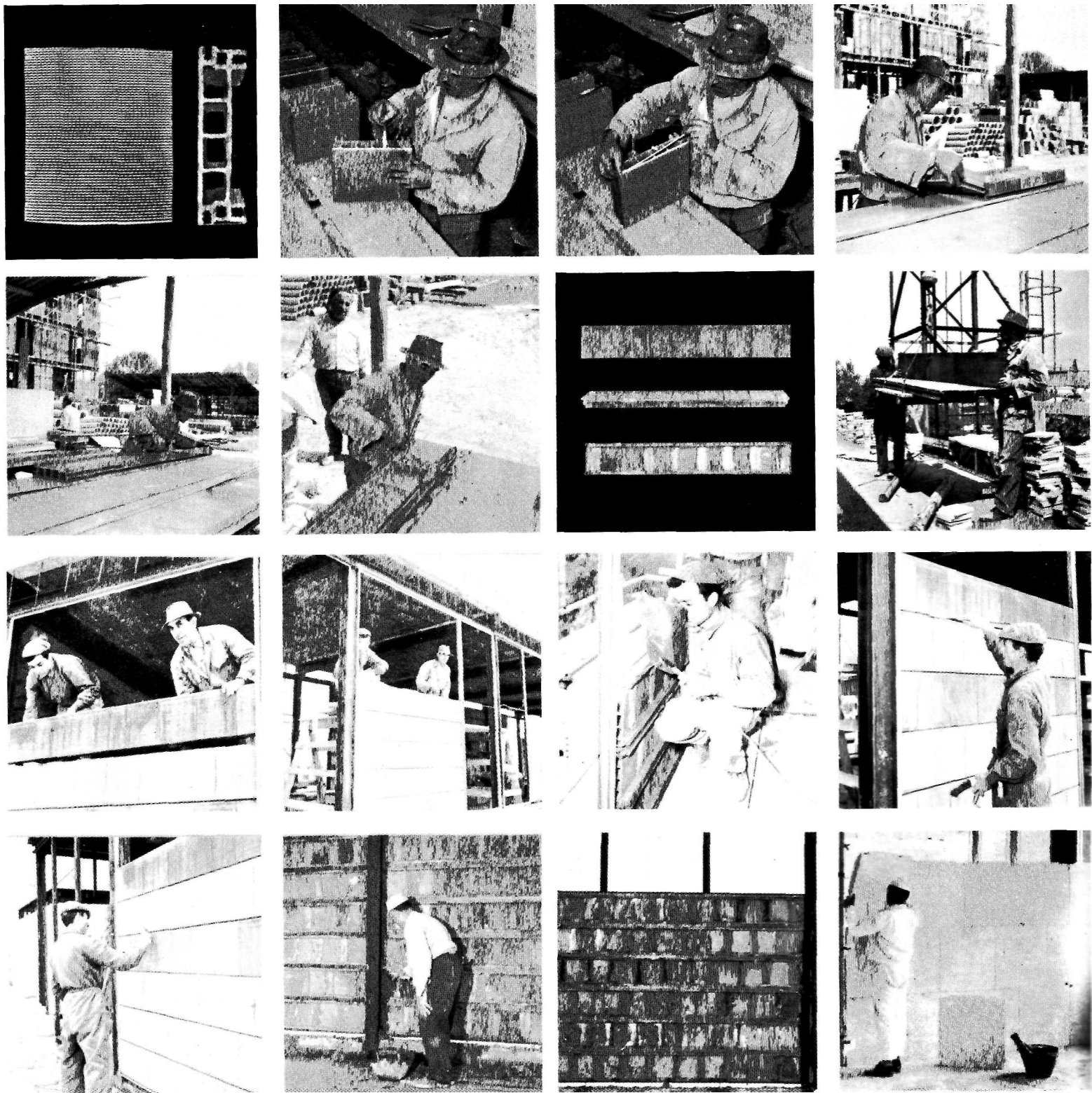
Più significativo è il Palazzo di Cristallo realizzato a Londra nel 1851 dal Paxton (b, c), in quanto costituisce uno dei primi esempi di prefabbricazione totale di un organismo edilizio, tanto da essere considerato un'anticipazione dei criteri informatori della edilizia industrializzata di oggi.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 19. — L'ATTIVITÀ COSTRUTTIVA

L'organizzazione dell'attività costruttiva può essere tale che le operazioni da svolgere in cantiere siano limitate alla sola collocazione dell'oggetto finito su un terreno appositamente preparato.

L'oggetto edilizio finale, completamente realizzato in officina in ogni sua parte e reso abitabile, viene trasportato e direttamente posto in opera; per queste sue caratteristiche può all'occorrenza essere spostato e localizzato in altro sito: è il caso delie **cellule spaziali (f, i)**, delle **pneumatiche (g)** e delle **mobil-homes (h)**, che sono tutti recenti prodotti dell'edilizia industrializzata.

Anche in questo caso si possono rintracciare gli stessi criteri di flessibilità e mobilità nelle costruzioni delle popolazioni nomadi primitive, a conferma, ancora una volta, che non vi è nulla di nuovo nell'intenzionalità costruttiva ma soltanto una evoluzione tecnologica dei procedimenti.

a, b, c, abitazione smontabile della popolazione nomade Yurta (a, i componenti; b, montaggio del traliccio «articolato»; c, costruzione completata); d, tenda eritrea montata; e, tenda eritrea trasportata a dorso di cammello; f, cellula spaziale trasportata con elicottero; g, organismo gonfiabile; h, mobil-home; i, cellule spaziali poste in opera con autogru (designers Huster e Hubner).

a	b	c	d
e	f	g	h
i	l	m	n
o	p	q	r

TAV. 20. — L'ATTIVITÀ COSTRUTTIVA

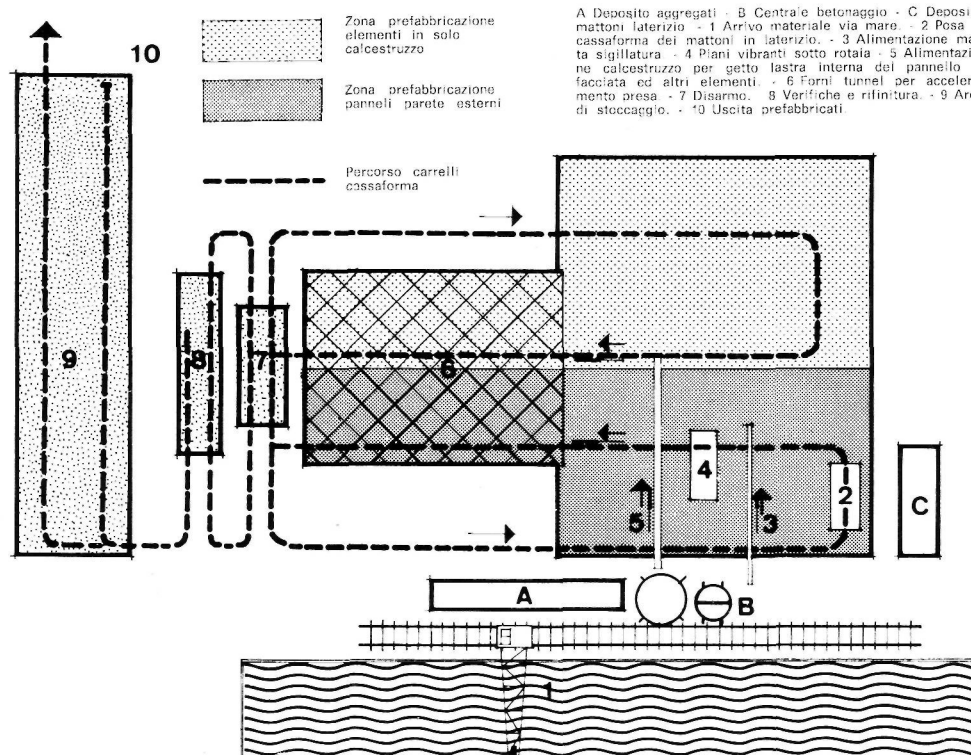
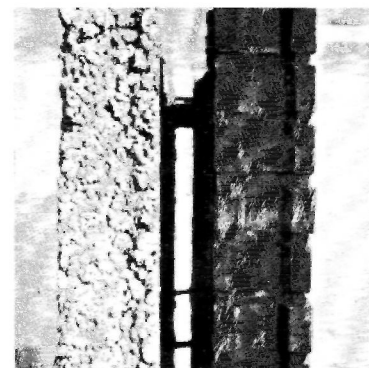
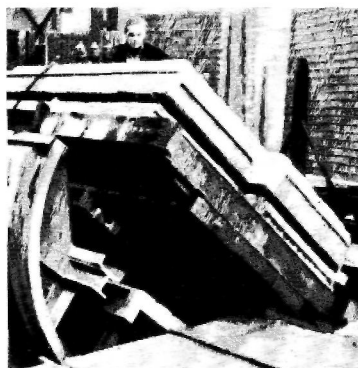
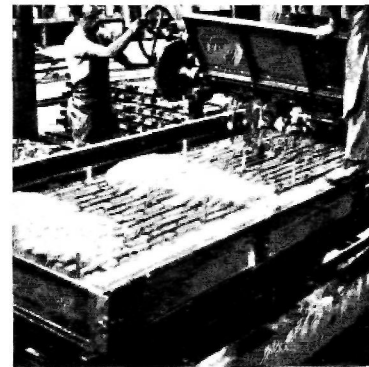
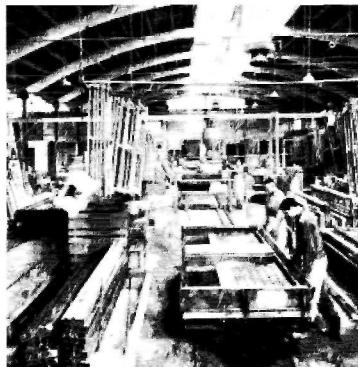
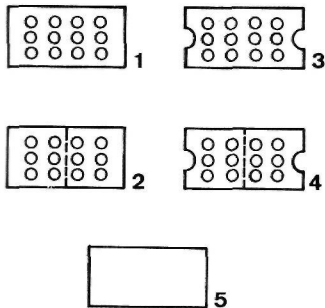
Esempio dì ciclo di lavorazione nel cantiere edile. Ciclo per la realizzazione a piè d'opera e in opera di una tamponatura a cassetta costituita, per lo strato esterno, da elementi preassemblati a piè d'opera in laterizio e, per lo strato interno, da elementi di gesso preformati in officina.

Subciclo A. Preparazione a piè d'opera degli elementi compositi in laterizio: incollaggio e apposizione del nastro di mastice plastico sulla «tavella», elemento costruttivo base preformato (a, b, c); giustapposizione delle «tavelle» sul piano di lavoro (d); confezione e montaggio dell'armatura metallica di collegamento e irrigidimento (e); sigillatura a malta fine di cemento delle scanalature contenenti l'armatura metallica (f); stagionatura e stoccaggio degli elementi compositi, cioè preassemblati **(g).**

Subciclo B. Posa in opera dello strato esterno: tiro in alto al piano di posa (h); posa in opera per sovrapposizione sull'elemento sottostante, previo allettamento con malta cementizia (i, l); ancoraggio allo scheletro portante mediante saldatura dei tondini d'armatura dell'elemento laterizio (m); stilatura e spazzolatura del giunto sul lato esterno (n, o); sigillatura dall'interno con malta cementizia dei bordi verticali e dei giunti orizzontali **(p, q).**

Subciclo C. Posa in opera dello strato interno: stoccaggio a piè d'opera degli elementi preformati (conci) in gesso; tiro in alto al piano di posa; posa in opera per sovrapposizione dei conci in gesso (r); sigillatura e finitura dei giunti tra concio e concio.

a	b	c	d
e	f	g	h

i

TAV. 21, — L'ATTIVITÀ COSTRUTTIVA

Esempio di ciclo di lavorazione di un elemento costruttivo funzionale prefabbricato in officina. Pannello sandwich costituito da uno strato esterno di mattoni a faccia vista e da uno strato interno in calcestruzzo leggero; strati collegati, ma con interposta camera d'aria **(h).**

Fasi operative: preparazione dello strato esterno disponendo i mattoni sulla griglia di montaggio fissata sul carrello porta-forma (b); preparazione della cassaforma previo montaggio dei fianchi sulla griglia di base (c); getto di sigillatura per lo strato esterno previa disposizione di zanche metalliche distanziatrici e per il collegamento con lo strato esterno (d); vibrazione della griglia-cassaforma; inserimento delle controforme metalliche per il getto dello strato interno (e); getto dello strato interno in scorie di altoforno e malta di cemento; finitura della faccia interna in calcestruzzo (f); stagionatura accelerata in tunnel di calore per diciotto ore a 45°; disarmo e rotazione del pannello in posizione verticale mediante «culla» di ribaltamento (g); revisione e pulizia dei pannelli; invio alle aree di stoccaggio.

Il ciclo di produzione è interamente meccanizzato secondo una **catena** di **montaggio** basata sul movimento di carrelli porta-forma lungo una rete di binari, in modo da servire, in posti fissi, gli addetti alle varie: operazioni. I carrelli vanno dal centro di preparazione alla confezione, all'acceleramento della presa, al disarmo per poi tornare indietro scarichi (vedi i, zona tratteggiata). Nel grafico **i** è riportato lo schema dell'intero impianto di produzione sia per la prefabbricazione di elementi in solo calcestruzzo sia dei pannelli sopradescritti.

I PROTAGONISTI DEL PROCESSO EDILIZIO

Da quanto detto in precedenza e ricordando in particolare che il *processo edilizio* oggi si concretizza in una successione di deleghe, più o meno integrate, ne consegue una serie complessa di competenze che comporta una molteplicità di protagonisti operanti in campi differenziati.

Avremo così, in linea generale, *gli utenti, gli enti pubblici preposti all'edilizia, gli enti di committenza pubblica, la proprietà fondiaria e le società immobiliari, l'industria edilizia, i professionisti (liberi e dipendenti) e le maestranze.*

Fig. 51. Alcuni risultati di un'indagine **diretta,** per individuare le esigenze dei dipendenti di una grande industria, svolta nell'ambito di una progettazione integrale per edilizia economico-popolare; studio C. P. A., Roma (v. anche fig. 52).

GLI UTENTI

Gli utenti sono coloro che usufruiscono, sia come singoli sia come collettività, del bene edilizio e sono soprattutto coloro che debbono « pagarlo », sia in modo diretto (acquisto, affitto, pagamento dell'ingresso, pedaggio, ecc.) sia in modo indiretto (contributi fiscali).

Oggi l'utenza sta prendendo coscienza di ciò e tende quindi ad un'azione di recupero per incidere nella gestione del bene edilizio, sia a livello di infrastrutture che di organismo edilizio.

La partecipazione dell'utente a livello decisionale, specie per quanto concerne le opere infrastrutturali ed i servizi collettivi, si manifesta sia attraverso comitati, associazioni, e organizzazioni sindacali, sia tramite organi pubblici (ad esempio: consigli comunali e regionali), i quali si fanno sempre più interpreti, in particolare sul piano ecologico ed ambientale, delle esigenze della collettività (interventi nelle scelte per la localizzazione di industrie nocive, per l'appropriato inserimento paesistico di opere infrastrutturali, per la

dotazione e la ubicazione dei servizi di quartiere, ecc.).

A livello di organismo edilizio, in particolare per la residenza, un modo per considerare l'utenza è quello di adottare, nel programmare e progettare gli interventi, i principi dell'*indagine sociologica diretta* (per censimento o campionatura a seconda delle dimensioni dell'intervento); modo che dà luogo sempre ad una consultazione indiretta (assistenti sociali, rappresentanze di categoria, organismi sindacali), ma nella quale l'utente può essere adeguatamente rappresentato in sede di valutazione dei dati e delle risposte ricevute e da dare.

Un tale tipo di consultazione dovrebbe essere sempre effettuato nella formulazione di un programma di intervento e dovrebbe essere svolto a livello di zone circoscritte ed omogenee di intervento.

A questo tipo di approccio, che può essere considerato comunque una operazione sviluppata « dall'alto», si tende a contrapporre, o almeno a sviluppare in parallelo, tipi di approccio basati sulla consultazione diretta dell'utente, come apporto effettivo della «base».

Questi tipi di approccio sono ancora in via di definizione e sperimentazione; vanno dalla consultazione interlocutoria a monte della stesura dei « programmi » locali, alla/consultazione a monte della progettazione attraverso- forme assembleari o commissioni per specifici interventi, alla consultazione diretta per famiglie sottoponendo campionature di alloggi all'atto della progettazione o all'atto dell'assegnazione.

Dai brevi cenni è evidente che il modo in cui si può estrinsecare la partecipazione dell'utenza è assai complesso e non di facile soluzione; comunque è un'istanza a cui la società attuale non può sottrarsi dal rispondere, considerata l'importanza che ha tale risposta per un equilibrato comportamento sociale.

A livello operativo l'intenzionalità a rendere implicita la partecipazione dell'utenza alle scelte è ravvisabile attualmente nelle progettazioni relative all'edilizia residenziale che perseguono la *flessibilità d'uso dell'alloggio:* la matrice progettuale e l'impianto costruttivo sono tali da consentire all'utente di far assumere nel tempo, in base al mutare delle proprie esigenze, configurazioni diverse all'alloggio. In pratica, attraverso un intervento diretto *(action space),* si tende al recupero della personalità dell'« utente» dandogli, entro certi limiti, la possibilità di fruire più liberamente dello spazio abitativo.

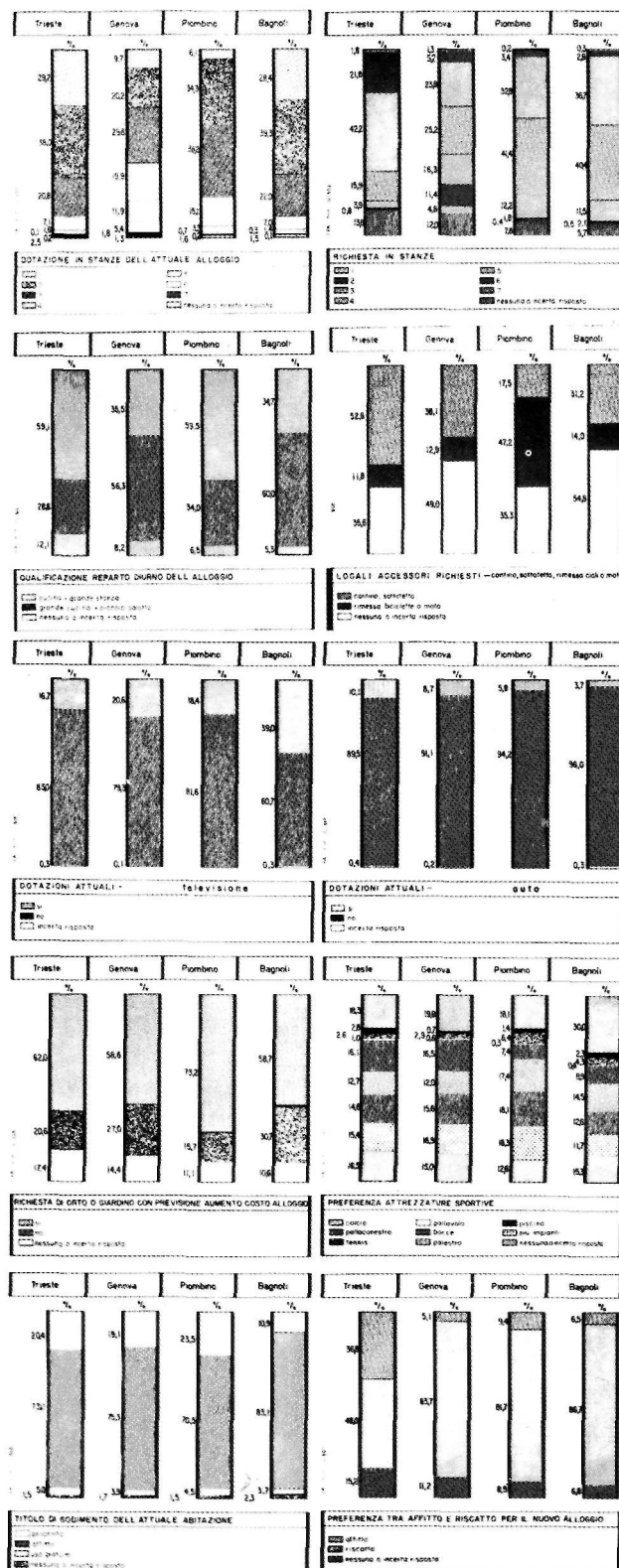



Fig. 52 (v. fig. 51).

GLI ENTI PUBBLICI

Gli enti pubblici ai vari livelli (statali, regionali, comunali) preposti all'edilizia (alle varie scale di intervento) nell'interpretare le esigenze della collettività, a cui il bene edilizio è destinato, agiscono in una sfera al tempo stesso politica, amministrativa, giuridica, finanziaria ed economica. In tal senso non possono limitare la loro azione soltanto in funzione delle operazioni tecnico-produttive (programmazione, progettazione, produzione e distribuzione) ma anche in funzione di quelle politico-amministrative e socio-economiche. Loro compito, infatti, è promuovere una formazione armonica dell'assetto del territorio, di cui le opere edilizie sono elemento significante, ed inoltre dare luogo ad uno sviluppo equilibrato delle attività sociali ed economiche connesse al mercato e all'industria edilizia, in rapporto anche ai problemi dell'occupazione.

Gli enti pubblici tendono oggi a considerare il processo edilizio un fenomeno unitario di produzione collettiva: il bene edilizio non più come semplice bene di consumo alla mercè di interessi commerciali e di profitto bensì come risultato di una «produttività sociale».

Pertanto debbono innanzitutto individuare la metodologia per organizzare il processo produttivo edilizio attraverso una costante analisi non soltanto limitata agli aspetti tecnologici e di costo, ma soprattutto finalizzata al pieno soddisfacimento delle esigenze sociali per conferire all'ambiente naturale e costruito le indispensabili ed appropriate qualità.

In sostanza gli enti pubblici operano in base a precisi indirizzi di politica economica e sociale, e, al fine di emanare i provvedimenti necessari allo sviluppo del settore edilizio, debbono svolgere una costante opera di ricerca, ripetuta ed aggiornata, alle varie scale di intervento con intendimento globale e non settoriale. In particolare gli operatori pubblici approntano gli strumenti legislativi per una normativa generale e specialistica che va dall'assetto territoriale ai modelli abitativi, dai sistemi di finanziamento e d'appalto ai procedimenti costruttivi e ai materiali.

Inoltre determinano i fabbisogni e programmano gli interventi sia per il settore delle residenze e dei servizi sociali sia per le infrastrutture ed i settori agricolo e industriale. Infine promuovono le ricerche spe-

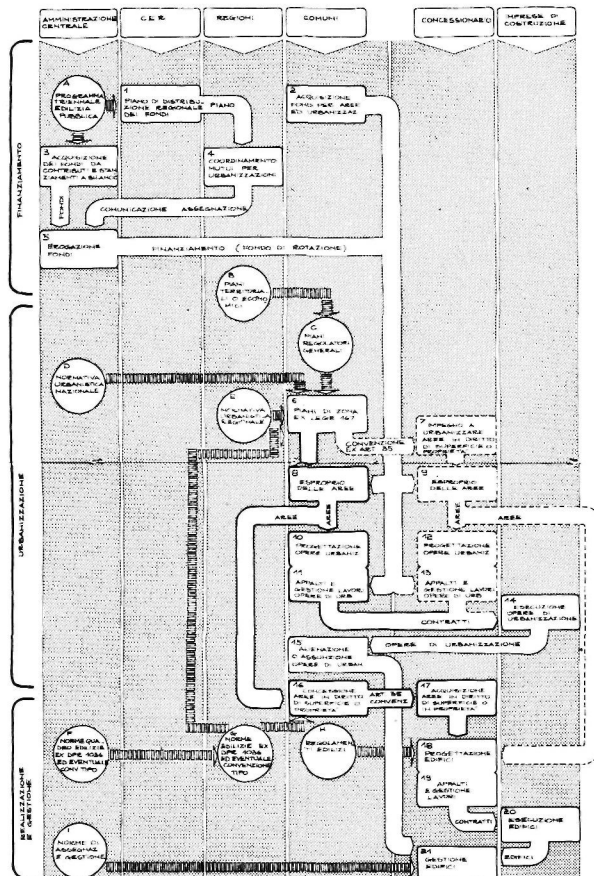
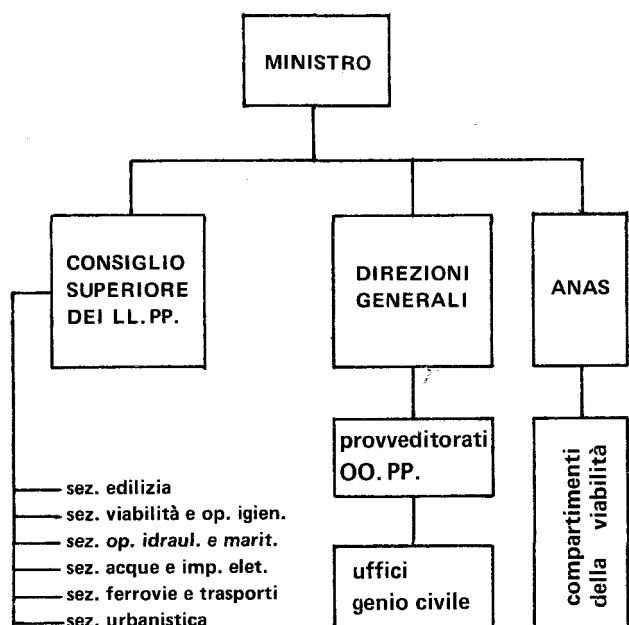



Fig. 53. Modello generale di intervento relativo all'edilizia convenzionata in Italia (elab. Tecnocasa, 1976).

Fig. 54. Enti pubblici preposti all'edilizia: organigramma del ministero dei Lavori Pubblici (1975).

rimentali e pilota per individuare standards quantitativi e qualitativi urbanistici ed edilizi, nonché procedure ottimali di produzione e conduzione.
Un tale modo di operare consente di indirizzare la committenza pubblica e privata, di orientare la produzione imprenditoriale ed industriale, di esplicare il controllo dei costi e del mercato edilizio.

GLI ENTI DI COMMITTENZA PUBBLICA

Questi enti, come già si è detto, offrono un servizio delegato per l'utenza e, al tempo stesso, operano nell'ambito dei provvedimenti legislativi emanati dagli organi pubblici da cui direttamente o indirettamente dipendono.

I compiti degli enti di committenza pubblica possono essere così riassunti: *analisi della domanda; interpretazione delle esigenze dell'utenza; indicazione dei requisiti che dovrà possedere il bene edilizio; programmazione e localizzazione degli interventi; organizzazione tecnico-economica e controllo delle varie fasi relative alla progettazione, esecuzione e manutenzione delle opere edilizie.* Agli enti preposti alla residenza-competono anche la distribuzione e l'assegnazione delle abitazioni.

L'opera di questi enti è oltremodo delicata in quanto rappresentano, a livello di effettiva realizzazione, il tramite tra collettività e potere pubblico, cioè tra «domanda» e «risposta».

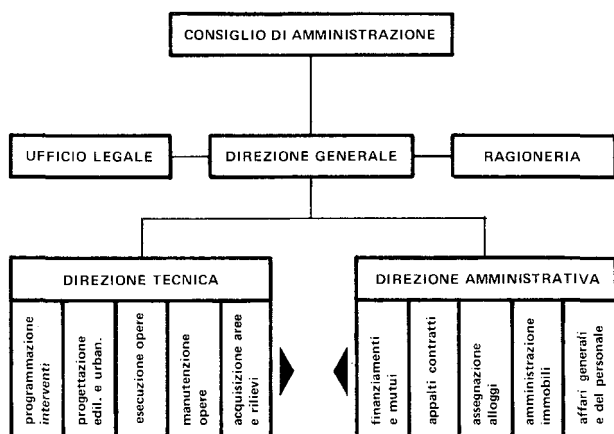



Fig. 55. Organigramma di un ente di committenza pubblica, ad es. un Istituto Autonomo Case Popolari.

LA PROPRIETÀ FONDIARIA E LE SOCIETÀ IMMOBILIARI

La proprietà fondiaria ha un peso rilevante nell'ambito del processo edilizio in quanto lo può condizionare non soltanto nel modo di sviluppo ma addirittura nelle finalità. Ovviamente tale affermazione si riferisce alla proprietà privata del suolo edificatorio, poiché in caso di proprietà pubblica questa deve, o dovrebbe, sempre operare negli interessi della collettività.

Qualora la proprietà fondiaria privata è regolata da precise leggi urbanistiche ed edilizie che, senza ledere i diritti del singolo, salvaguardano l'interesse collettivo, qualora cioè vi è un controllo del mercato delle aree ed un'oculata applicazione del diritto di edificazione e dell'esproprio ai fini di pubblica utilità, essa rientra in un quadro equilibrato delle azioni che i vari protagonisti compiono nel processo edilizio. In caso contrario, cioè mancanza di una precisa legislazione urbanistica ed edilizia, l'incontrollato mercato delle aree conduce, attraverso la speculazione, a compromettere l'assetto del territorio e, quindi, a condizionare l'attuazione delle opere infrastrutturali, dei servizi collettivi, di strutture organiche per gli insediamenti abitativi, da quelli agricoli e quelli urbani. Infine si produce uno squilibrio tra aree per i servizi collettivi, per la edilizia economico-popolare di iniziativa pubblica (carenza di aree, dislocazioni irrazionali, ecc.) e le aree per l'edilizia privata, che si sviluppa in modo intensivo, a macchia d'olio, caotico ed antigienico (vedi fig. 56).

In particolare, il mercato delle aree con la tendenza ad un aumento costante del prezzo unitario di superficie incide negativamente sui costi di realizzazione che divengono sempre più elevati, per cui il bene edilizio risulta «conquista» di pochi. L'organismo edilizio, specie quello per la residenza, diviene oggetto di consumo legato alle leggi del profitto commerciale; da qui la nascita di società immobiliari (finanziarie e costruttrici) la cui finalità è di produrre il bene edilizio soprattutto a scopo speculativo, formando un tessuto connettivo tra proprietà fondiaria privata e costruttori, in contrapposizione con l'iniziativa pubblica.

Attualmente, a livello nazionale e regionale, si tende mediante appositi strumenti legislativi e normativi sia a regolare il mercato delle aree edificabili sia a

contenere i costi di produzione e costruzione, in modo da controllare i prezzi di vendita e i canoni di affitto degli alloggi.

Tralasciando di trattare in modo più approfondito l'argomento che riguarda specificatamente problemi di economia politica e di politica sociale, si vuole soltanto sottolineare come il regime della proprietà del suolo costituisca fattore determinante per l'attività edilizia ed in particolare per un equilibrato svolgimento del processo edilizio nella sua globalità.

L'INDUSTRIA EDILIZIA

L'industria edilizia, come si è già detto in precedenza, si riferisce sia alla realizzazione dell'oggetto edilizio finale sia alla produzione degli oggetti edilizi intermedi, oltre ovviamente alla produzione dei materiali base.

L'industria edilizia per la costruzione delle opere infrastruttura!i e degli organismi edilizi riguarda gli interventi relativi alle costruzioni idrauliche, agli impianti idroelettrici, ai lavori stradali, ferroviari, portuali ed aeroportuali, la realizzazione degli edifici per le varie destinazioni d'uso e la realizzazione, quindi, dei complessi urbani, agricoli ed industriali.

Data l'ampiezza dei settori di attività, si determinano numerosissime specializzazioni nelle imprese costruttrici, tanto che dal caso più generale di imprese che esplicano la loro attività in più rami si passa ad imprese specializzate per il lavoro da eseguire (imprese per movimenti di terra, per opere murarie, per carpenterie metalliche, per il montaggio di costruzioni prefabbricate, ecc.) o per una categoria di opere da costruire (imprese per la costruzione di edifici, strade, ponti, viadotti, aeroporti, porti, ecc.) o per uno specifico tipo edilizio (imprese di prefabbricazione di scuole, abitazioni, ecc.).

In base alla potenzialità tecnico-economica le imprese di costruzione si distinguono in grandi, medie e piccole; specie queste ultime, ma talvolta anche le medie, gravitano nell'ambito dell'organizzazione artigianale. In ogni caso sono le piccole imprese specializzate per costruzioni di limitata entità o per lavori complementari (imprese di pittura edile, per la posa in opera di rivestimenti e pavimenti, ecc.) ad essere

Fig. 56. Espansione caotica a Roma.

Fig. 57. Espansione coordinata a Göteborg (Svezia).

organizzate artigianalmente. Oggi anche nei paesi più avanzati la grande industria coesiste con la media e la piccola; si tende a determinare campi operativi, possibilmente coordinati, affinché ciascuna categoria di imprese possa individuare un proprio spazio di sviluppo. Al fine di evitare un'azione monopolistica da parte delle grandi imprese, le piccole e le medie si organizzano in forma consorziale o cooperativistica e lo stato dovrebbe programmare interventi in modo da soddisfare le varie potenzialità'economiche delle imprese per assicurarne la vitalità e lo sviluppo.

• Nei riguardi della sua struttura tecnico-operativa l'impresa costruttrice differisce da altre attività industriali poiché nella generalità dei casi non può localizzarsi, anzi sua caratteristica precipua è la mobilità conseguente alla variabilità della localizzazione delle opere da eseguire. Un'attenuazione di tale mobilità è rappresentata dai procedimenti costruttivi prefabbricati, che, se ovviamente, non possono eliminare la variabilità dei luoghi di edificazione, possono concentrare nei punti fissi (gli stabilimenti di produzione degli elementi) gran parte delle lavorazioni, riducendo, al limite, le operazioni di cantiere al semplice montaggio. In questo senso la struttura dell'impresa costruttrice tradizionale si è andata modificando, assumendo in parte quella di altri tipi di industrie. In realtà il processo di industrializzazione che ha subito e va subendo il settore edilizio tende in certi casi ad avvicinare molto la struttura dell'impresa-costruttrice a quella di altre industrie (specie di quelle meccaniche): basti considerare la costruzione di cellule abitative prefabbricate come le mobil-houses, che sono un tipico prodotto derivante dalle esperienze della industria automobilistica.

Come si è detto, salvo casi particolari, il cantiere edile non può identificarsi nella «fabbrica», ma costituisce una particolare predisposizione di attrezzi e macchine per consentire il lavoro di costruzione; predisposizione che varia da costruzione a costruzione, e l'impresa per tale ragione individua un nucleo fondamentale di attrezzature che contempli più situazioni operative.

In ogni modo oggi l'organizzazione del cantiere tende a configurarsi sui modelli industriali; ciò è dovuto al processo di meccanizzazione che va subendo il cantiere da oltre un secolo e alla recente adozione di metodi di programmazione operativa, spesso mutuati da prassi da tempo adottate in altri settori industriali (ad esempio, metodi basati su «analisi reticolari»; fra

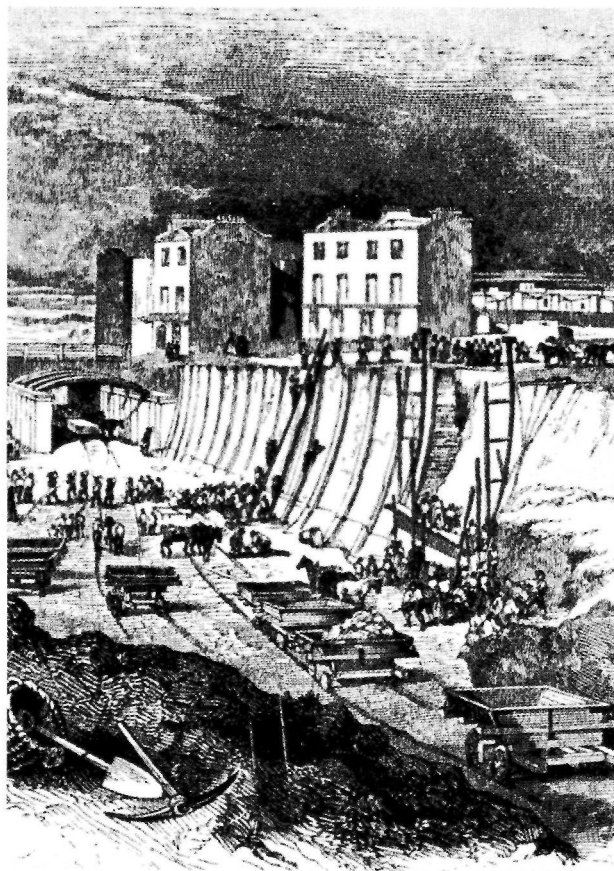
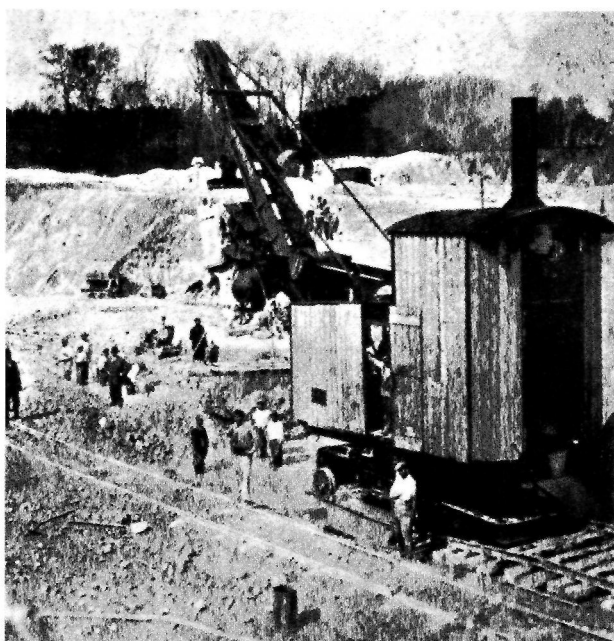



Fig. 58. Un cantiere della ferrovia Londra-Birmingham (1836).

Fig. 59. La meccanizzazione dei cantieri per grandi opere infrastrutturali inizia alla fine del XIX secolo.

i metodi statistico-matematici introdotti dopo gli anni '40 sono da considerare il PERT— Programme Evolution and Review Technique —, che incentra l'analisi sul fattore tempo, ed il CPM, considerato anche come caso particolare del PERT, che basa l'analisi sui «fattori» di costo).

Il successo tecnico-economico dell'impresa consiste:

— nella capacità di aumentare la produzione media, cioè il periodo lavorativo annuale, assicurandosi il lavoro necessario e riducendo al minimo le sospensioni stagionali;

— nell'eliminare le perdite di tempo e di materiale, in modo che l'esecuzione della costruzione avvenga nei tempi contrattuali o economicamente produttivi;

— nell'acquisto oculato dei materiali;

— nel fissare un prezzo totale dell'opera che, senza diminuire le capacità di concorrenzialità, permetta di costruire tecnicamente bene e con adeguati benefici economici.

Per raggiungere tali finalità l'impresa si basa fondamentalmente sui seguenti fattori:

— *razionalizzazione del cantiere;*

— *adozione di procedimenti costruttivi che consentano di superare i limiti imposti dal variare delle stagioni e di rendere più sollecita l'esecuzione dei cicli di lavorazione.*

In sostanza l'impresa edile oggi tende:

— alla programmazione tecnico-economica;

— alla massima meccanizzazione del cantiere;

— all'unificazione e alla standardizzazione degli elementi costruttivi;

— alla rapida costruzione delle opere.

Vedi da Tav. 23 a Tav. 27.

Questa diffusa tendenza del mondo imprenditoriale nel momento attuale sta ad indicare che il processo di industrializzazione, che lentamente va subendo da oltre un secolo la produzione edilizia, è in piena maturazione e coinvolge ormai capillarmente il settore edilizio.

Di tale processo sono state schematizzate, sotto il profilo della produzione, nella pagina seguente le fasi essenziali, le quali, ovviamente, hanno interagito e si sono intersecate nel tempo.

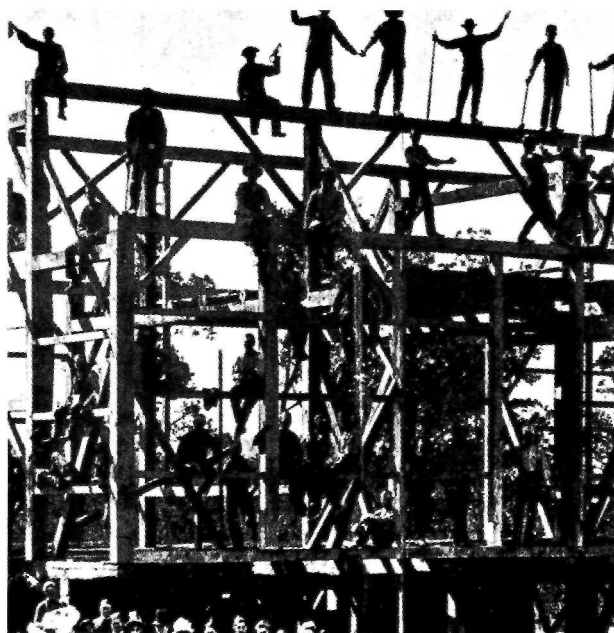
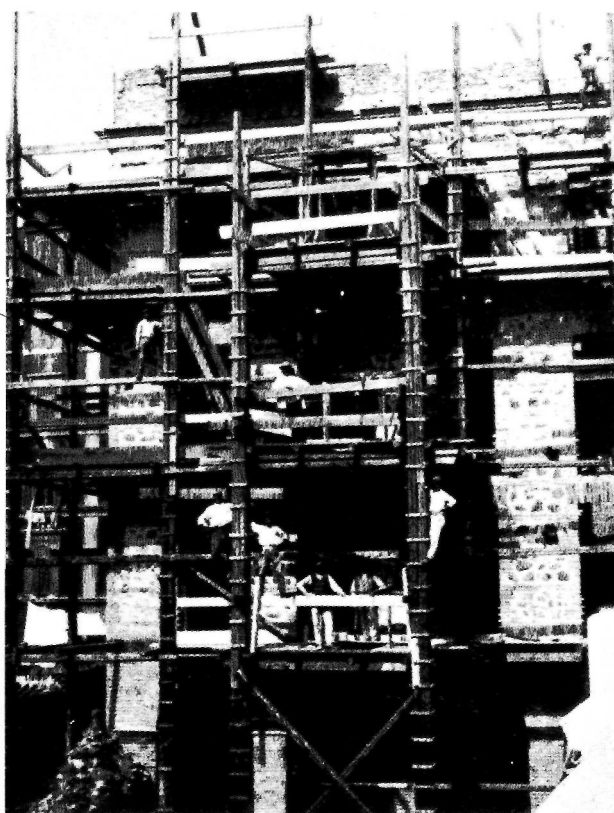



Fig. 60. Cantiere tradizionale negli U.S.A. alla fine del XIX secolo.

Fig. 61. Un cantiere a Roma nei primi decenni del XX secolo.

PRODUZIONE INDUSTRIALE DELLE MATERIE PRIME E DEI MATERIALI BASE. Nel 1796 è brevettato il *cemento di Parker* e nel 1824 il *cemento Portland* (J. Aspdin), prodotto industrialmente in Inghilterra dal 1850. Nel 1884 introduzione del *forno rotante* (Ramsone); *cemento siderurgico*, 1894; *cemento a rapida presa*, 1913. Nel 1930 si ha la produzione negli U.S.A. di calcestruzzi e malte preconfezionate. Nel 1850 in Inghilterra la produzione della ghisa è elevata, mentre quella dell'acciaio, avviata con il procedimento Bessemer nel 1855, si sviluppa dopo il 1880 (Siemens-Martin, 1864; Thomas, 1878); nel 1916 brevetto dell'acciaio inox. Nel 1864 H. S. Deville ottiene la riduzione elettrolitica dell'alluminio; nel 1910 produzione del *duralluminio* (Düren-Germania); nel 1927 brevetto Alcoa per l'alluminio anodizzato; leghe Ergal (1944-46). La produzione delle resine sintetiche inizia nei primi anni del 1900.

PRODUZIONE INDUSTRIALE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI BASE. Tra la fine del 1700 ed i primi del 1800 negli U.S.A. produzione di legnami leggeri unificati e dei chiodi *stampati* (J. Reed brevetta una macchina da 60.000 chiodi/giorno, 1807); 1830, piegatura a caldo del legno. Nel 1850 prime fornaci Hoffman per laterizi e inizio della produzione di profilati in ferro. 1855 brevetto di Lambot per il *ferreciment*; 1868 brevetto di Monier per tubi in cemento retinato. Nel 1894 G. A. Dick brevetta il procedimento ad estrusione per leghe leggere. 1887 invenzione della macchina per soffiare il vetro. Alla fine del 1800 produzione del *linoleum* (Walton), nonchè di cartonfeltri bitumati e simili. Dal 1890 produzione del legno « compensato ». Dai primi decenni del XX secolo si diffonde la meccanizzazione delle lavorazioni degli elementi costruttivi base, ad es. le filiere per laterizi forati. Elementi in materie plastiche per pavimenti, 1920; tubi in PVC, 1936; lastre ondulate con materie plastiche, 1950. Sviluppo della produzione di profilati, laminati ed estrusi in alluminio dagli anni '30. Negli anni '50 introduzione in Italia dei forni tunnel per laterizi. In tempi recenti produzione di elementi sovradimensionati rispetto a quelli tradizionali, ad es. conci in laterizio, in calcestruzzo leggero e in gesso.

PRODUZIONE INDUSTRIALE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI FUNZIONALI. Inizialmente si ha la produzione di elementi sostitutivi di quelli tradizionali, ad es. la colonna in ghisa sostituisce quella in pietra. La produzione di elementi in ghisa si diffonde in Inghilterra dal 1830. Nel 1891 prime travi prefabbricate in cemento armato (F. Coignet). Nel 1897 copertura in lamiera di alluminio, in sostituzione di manti tradizionali, della chiesa di S. Gioacchino in Roma. In un secondo momento, a partire dalla fine del XIX secolo, si ha la meccanizzazione delle varie lavorazioni artigianali degli elementi costruttivi per l'edilizia, ad es. dei serramenti. Successivamente si è sviluppata la produzione industriale di elementi costruttivi semplici e complessi (in Italia dopo gli anni '40), ad es. travi da ponte, capriate, elementi in legno *laminato*, trance-solaio, pannelli-facciata, blocchi-funzionali, ecc. Soltanto negli anni '50 si hanno studi e applicazioni di elementi costruttivi funzionali in plastica (in Francia l'Associazione Studio e Sviluppo Impieghi delle Plastiche negli Edifici bandisce concorso per chiusure verticali ed elementi di finitura).
In merito agli elementi « impiantistici », nel 1888 negli U.S.A. inizia la produzione industriale di apparecchi sanitari e nel 1890 si hanno le prime case dotate di impianto idrico. Nel 1920 produzione industriale di vasche in ghisa porcellanata. Nel 1931 brevetto per un blocco-bagno in elementi parete; nel 1937 prototipo di un blocco-funzionale del Füller; primo blocco-funzionale in materie plastiche nel 1956.

PRODUZIONE INDUSTRIALE DI ORGANISMI EDILIZI E DI ELEMENTI COSTRUTTIVI FUNZIONALI COORDINATI.
COSTRUZIONI IN LEGNO: nel 1624 la marina inglese realizza baracche smontabili; nel 1727 case smontate sono inviate da New Orleans alle Indie Occidentali; nei successivi 100 anni analoghi esempi negli U.S.A. e in Inghilterra. Nel 1833 G. W. Snow codifica il procedimento « ballon-frame ». Nel 1861 negli U.S.A. sono prodotti ospedali da campo trasportabili e la Skillings & Flint produce ricoveri prefabbricati in pannelli standards. La prefabbricazione industriale di edifici in legno si afferma dopo il 1920 negli U.S.A., in Inghilterra e nei Paesi Scandinavi. Nel 1941 Gropius e Wachsman studiano una produzione di componenti per la General Panel Co. (U.S.A.).
COSTRUZIONI METALLICHE: nel 1830 a Tipton Green (Inghilterra) primo esempio di case prefabbricate con elementi metallici (pannelli-facciata in ghisa); nel 1848 importazione in California per cercatori d'oro di case prefabbricate da altri stati degli U.S.A. e dall'Europa (l'Inghilterra ne invia alcune centinaia in lamiera zincata). Nel 1850 J. Bogardus costruisce edifici in ferro (anticipazione dello scheletro portante) con parti prefabbricate; nel 1851 J. Paxton realizza il Palazzo di Cristallo a Londra e brevetta una serra da produrre con elementi standards; alla fine del XIX sec. e agli inizi del 1900 A. G. Bell sperimenta tralicci metallici basati sul tetraedro. B. Füller costruisce il prototipo della casa « Dimaxion I » nel 1928 e della casa « Wichita » nel 1945. Nel 1932 O. Bartining presenta ad un concorso a Berlino una casa prefabbricata ampliabile, in acciaio e lamierino di rame. Nel 1932-34 primi grandi interventi in Francia (ad es. Citè de la Muette, archh. M. Lods, E. Beaudouin) con scheletro in acciaio e pannelli in c.a. Dagli anni '30 esperienze del Wachsman sulla produzione industriale, specie di costruzioni in traliccio metallico. La produzione industriale di costruzioni prefabbricate con applicazione dell'acciaio e di altri materiali metallici si afferma intorno agli anni '30. Le prime mobil-homes in serie sono del 1929 (Detroit).
COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO: negli U.S.A. nel 1907 A. Atterbury idea un procedimento con pareti portanti e pannelli solaio in calcestruzzo; nel 1908 T. Edison mette a punto un procedimento per case di 2 o 3 piani in calcestruzzo gettato in casseforme di ghisa; tra il 1910 e 1920 vengono ideati numerosi sistemi in calcestruzzo. J. E. Conzelmann brevetta nei primi del 1900 un procedimento per edifici pluripiano con elementi prefabbricati in c.a. Negli anni '30 si afferma in Francia la prefabbricazione industriale di elementi in c.a.; in Italia si sviluppa a partire dagli anni '50. Wallace Neff sperimenta nel 1942 con la « Bubble House » getti di calcestruzzo mediante casseforme gonfiabili. L'industrializzazione dei getti in cantiere inizia con le grandi opere infrastrutturali viarie (ponti, viadotti, ecc.) e viene applicata correntemente nella costruzione di edifici dagli anni '50. Nello stesso periodo sono introdotte le cellule spaziali « accatastabili » (ad es. in Russia).
COSTRUZIONI PNEUMATICHE E IN MATERIE PLASTICHE: nel 1917 l'inglese F. W. Lanchester brevetta una costruzione gonfiabile per ospedali da campo, depositi, ecc. Nel 1946 l'U.S.A.F. promuove lo studio di coperture gonfiabili; nel 1956 a Chicago primo magazzino gonfiabile (Birdair Structure Co.); nel 1965 casseforme gonfiabili tipo Bini (Italia). Prototipi di cellule spaziali abitabili in plastica vengono studiati negli anni '50; le prime realizzazioni sono intorno agli anni '60.

Quanto detto si riferisce essenzialmente alla produzione industriale di organismi edilizi (ciclo chiuso), mentre la produzione industriale di elementi costruttivi funzionali *coordinati* (sub-sistemi) basati sul coordinamento modulare per realizzare più tipi edilizi (ciclo aperto) si sviluppa dopo gli anni '50 in Europa. A tale sviluppo hanno contribuito le ricerche sulla unificazione e sul coordinamento modulare, che hanno interessato i maggiori protagonisti del movimento razionalista. Nel 1961 l'O.E.C.E. stabilisce il modulo base internazionale 1 M = 10 cm. Anticipatrice fu la proposta di A. Bemis, industriale di Boston, che nel 1921 previde un modulo tridimensionale di 4 pollici per produrre in serie componenti edilizi.

TRASFORMAZIONE DEL CANTIERE EDILE. Il cantiere nella seconda metà del 1800 non si discostava molto da quello romano e medioevale. La costruzione delle grandi opere infrastrutturali, ne ha promosso la meccanizzazione; tra il 1850 e la fine del secolo vengono costruiti numerosi ponti in acciaio (ad es.: il Clifton Bridge, 1856-65; il ponte di Brooklyn, 1870; il ponte sul Firth of Forth, 1878), *si realizzano canali navigabili* (ad es.: Canale di Suez, 1869), *grandi dighe e gallerie* (ad es.: diga di Assuan, 1898-1902; traforo del Sempione 1888-1906). La meccanizzazione è legata all'introduzione, prima, della macchina a vapore, poi, dei motori a combustione interna e dell'energia elettrica (ad es.: il primo escavatore a vapore negli U.S.A., 1834; l'energia elettrica nell'edilizia, 1880; il trattore è del 1905; produzione in serie di locomotori diesel per decauvilles, 1917; sviluppo dei trasporti con autocarri dal 1918; diffusione dei mezzi diesel speciali per trasporto e movimenti di terra dopo il 1930). La trasformazione del cantiere è anche dovuta all'introduzione nella seconda metà del XIX secolo di nuovi materiali (primo edificio in c.a. di F. Coignet in Francia, 1852; primo edificio in acciaio a Noisel-sur-Marne, 1871; le opere metalliche per le esposizioni di Parigi tra il 1855 e il 1900; la costruzione di grattacieli negli U.S.A. dal 1890). I procedimenti costruttivi in acciaio e in c.a. divengono di uso corrente dal 1900. La prefabbricazione in officina, i getti meccanizzati in opera e il sistema *lift-slab* contribuiscono alla trasformazione del cantiere (ad es., nel 1935 primi grandi interventi con prefabbricati in Francia; prefabbricazione su vasta scala dopo la 2ª guerra mondiale, in U.R.S.S., in Francia, ecc.; uso di casseforme *tunnel* e del sistema « lift-slab » dal 1950). Contemporaneamente è avvenuta la razionalizzazione del cantiere (una prima trattazione scientifica per la conduzione delle imprese è del Gabbotz, 1931).

Dalla schematizzazione di pagina 64 si può rilevare come il processo di industrializzazione abbia investito inizialmente il settore della produzione degli oggetti edilizi intermedi per poi estendersi anche al « cantiere » in modo sempre più incisivo. Sono state le aziende produttrici di elementi costruttivi ad organizzarsi per prime su basi industriali, tanto da poter affermare che la loro «industrializzazione» ha promosso quella delle imprese costruttrici.

Soltanto i massicci interventi per l'edilizia residenziale, promossi in tutti i paesi avanzati in questo ultimo trentennio per far fronte alla elevata domanda di alloggi, nonché la realizzazione di grandi opere infrastrutturali (ad esempio le reti autostradali), hanno condotto da parte delle grandi imprese costruttrici dapprima, e dalle medie poi, al superamento di un'organizzazione artigianale per ricercare una nuova struttura sempre più vicina al modello industriale. Tale modificazione per il settore dell'edilizia residenziale si è manifestata essenzialmente con l'adozione di elementi costruttivi in calcestruzzo armato prefabbricati in officina o con l'applicazione, attraverso una meccanizzazione più spinta, dell'industrializzazione dei getti in c.a. (ad esempio: sistemi a casseforme mobili spaziali, Tracoba, Sectra, ecc.); a testimonianza di ciò basterà ricordare i grandi interventi per la residenza realizzati in Francia nell'ultimo ventennio.

In effetti la ristrutturazione su basi industriali delle imprese costruttrici è avvenuta, attraverso la meccanizzazione del cantiere, in tempi lunghi. Si è manifestata dapprima nelle grandi imprese e ha investito, poi, le medie e le piccole; ha interessato inizialmente (sin dal secolo scorso) i cantieri per le grandi opere infrastrutturali e soltanto in un secondo momento (negli ultimi decenni) il campo della costruzione di edifici. In particolare il settore delle costruzioni civili ha subito e va subendo una ristrutturazione conseguente al trasferimento, in misura sempre crescente, di cicli di lavorazione dal cantiere in officina.

Se la ristrutturazione delle imprese costruttrici si è avuta in tempi lunghi, al contrario il settore produttivo dei materiali base e degli elementi costruttivi, essendo stato investito per il suo carattere prevalentemente manifatturiero in modo più diretto e immediato dall'industrialismo (in parallelo con gli altri settori industriali) , si è trovato in condizione di anticipare e promuovere, entro certi limiti, l'industrializzazione edilizia. I produttori di elementi costruttivi (specie i produttori di infissi, di carpenterie in legno e metalliche) hanno

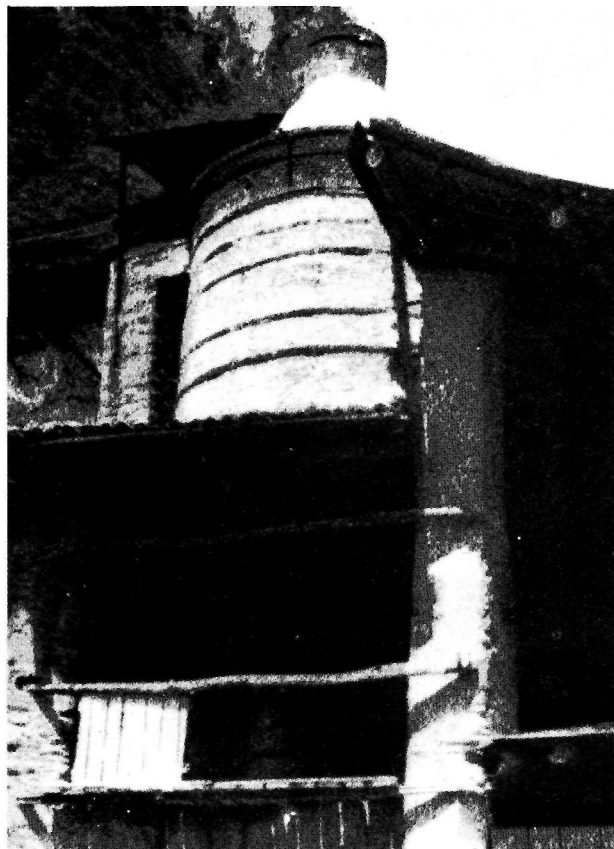
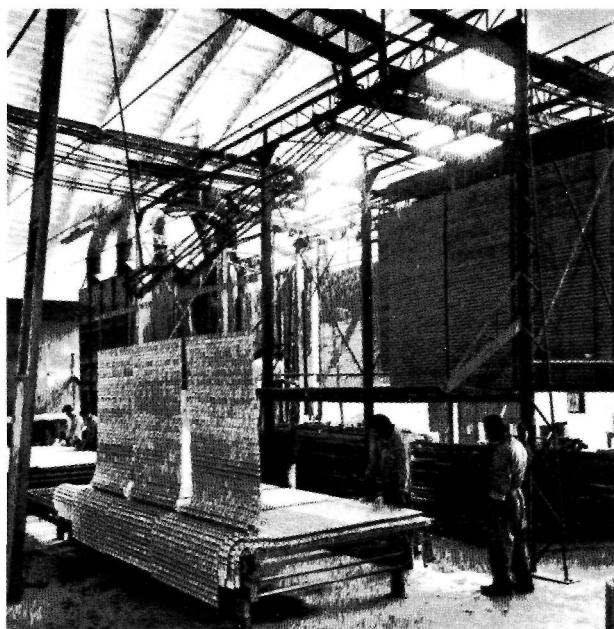



Fig. 62. Vecchia fornace ottocentesca per la produzione della calce.

Fig. 63. Moderna fabbrica per la produzione in serie di elementi costruttivi per serramenti.

compreso in anticipo, considerate le loro tecniche di progettazione e di lavorazione, che era possibile la realizzazione di componenti coordinati di intere parti di un edificio o dell'intero organismo edilizio; così, ad esempio, è nata sin dai primi decenni di questo secolo la produzione industriale dei courtain-walls e delle case unifamiliari in materiali leggeri (legno, acciaio, ecc.).

Il costante processo di industrializzazione della produzione degli oggetti edilizi intermedi e la trasformazione in questi ultimi tempi delle imprese costruttrici sotto il profilo organizzativo, attraverso una meccanizzazione sempre più spinta del cantiere, costituiscono indici che possono far considerare l'industrializzazione edilizia un fatto oggi acquisito specie nei paesi tecnologicamente più avanzati. È evidente come una globale industrializzazione del settore edilizio possa dar luogo all'*edilizia industrializzata,* di cui si dirà in seguito.

Passando ora a considerare le aziende produttrici di materiali base e di elementi costruttivi per l'edilizia, basterà ricordare che la loro struttura tecnico-operativa ed economica è quella tipica delle industrie in genere, e che sono caratterizzate dal tipo di prodotto e quindi, dai materiali, dalle attrezzature e dalle lavorazioni per ottenerlo. Tale caratterizzazione fa rientrare l'azienda in specifici campi industriali (industria cementiera, metalmeccanica, ceramica, ecc.).

In questa sede si ritiene opportuno ricordare che la produzione di elementi costruttivi può essere così classificata:

— *produzione di elementi costruttivi base* (ad esempio: profilati metallici ed in resine sintetiche; laterizi; blocchi di calcestruzzo; mattonelle; lastre in materiali diversi; ecc.);

—*produzione di elementi costruttivi funzionali semplici* (ad esempio: infissi; capriate; pannelli-solaio; pannelli-tramezzo; pilastri o travi in acciaio o in c.a.; ecc.);

—*produzione di elementi costruttivi funzionali complessi* (ad esempio: serramenti monoblocco; pannelli «finiti» di chiusura orizzontale o verticale; pareti attrezzate; blocchi bagno; blocchi cucina; ecc.).

Il processo operativo nell'ambito di un'azienda produttrice di elementi costruttivi (base o funzionali) può essere così riassunto:

— *analisi del procedimento costruttivo cui l'oggetto è destinato e che l'oggetto stesso caratterizza;*

— *analisi dello «spazio costruito» che l'oggetto concorre a determinare e conseguente definizione*

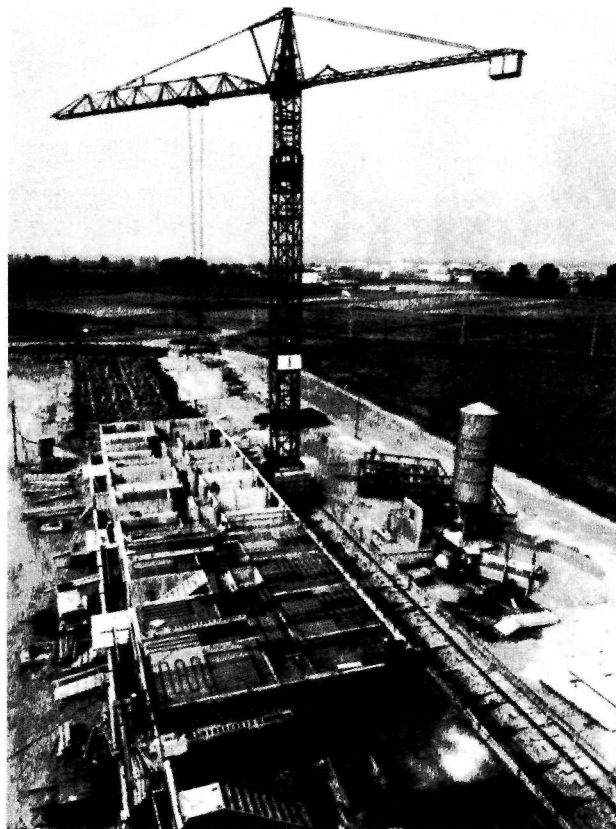
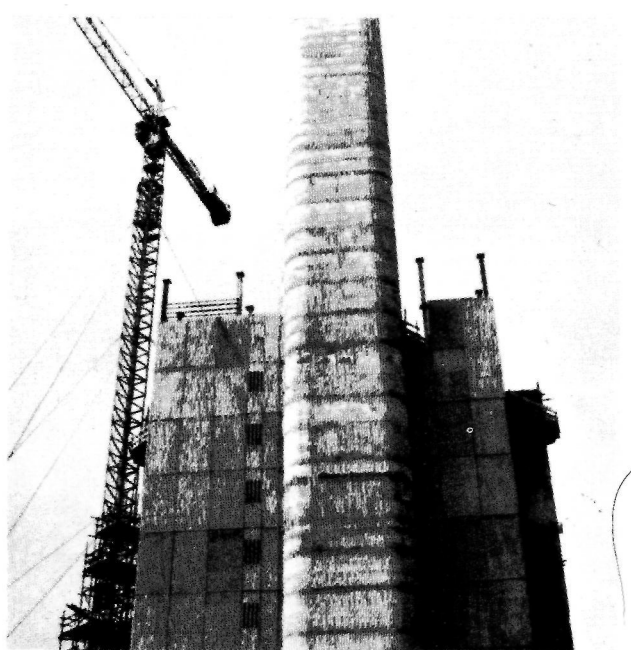



Fig. 64. Cantiere dei nostri giorni che utilizza elementi costruttivi prefabbricati in officina.

Fig. 65 (v. figg. 66-67).

delle capacità di prestazione che l'oggetto deve possedere;

— indagine di mercato per la collocazione del prodotto;

— operazione progettuale, collocabile nell'ambito dell'«industriai design», che conduce alla realizzazione di un prototipo;

— messa a punto del prototipo;

— avvio della produzione;

— immissione dell'oggetto sul mercato.

Da quanto detto in merito sia alle imprese costruttrici sia alle aziende produttrici di materiali base e di oggetti edilizi intermedi è evidente che l'industria edilizia si configura come un sistema complesso di relazioni tra questi due campi di attività, e come l'uno sia strettamente legato all'altro sotto il profilo produttivo ed economico.

Si può rilevare altresì come l'insieme delle imprese costruttrici e delle aziende produttrici di materiali base e di oggetti edilizi intermedi debba rispondere non soltanto alle proprie esigenze, ma anche alle istanze dell'utenza e del mondo del lavoro. Perciò nell'economia attuale l'edilizia è da considerare *industria chiave* dello sviluppo economico e sociale di un Paese, e non semplicemente volano occupazionale di altri settori industriali e dell'agricoltura.

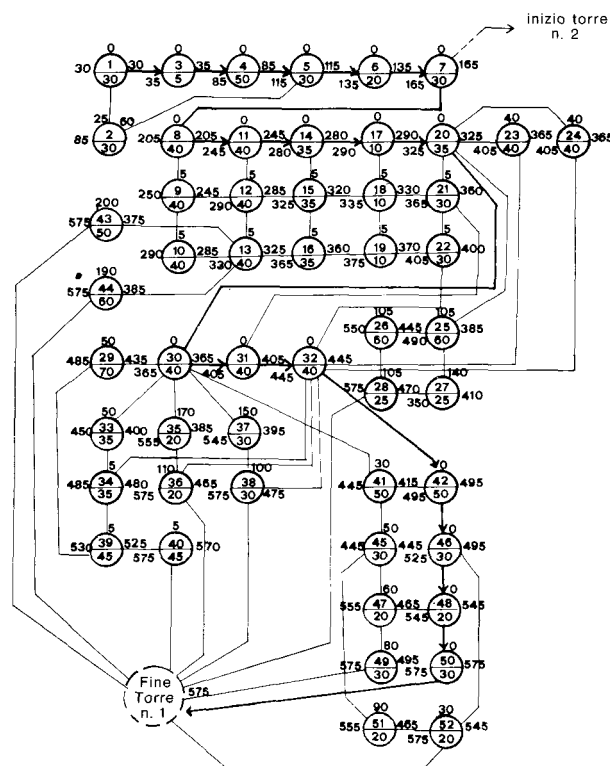



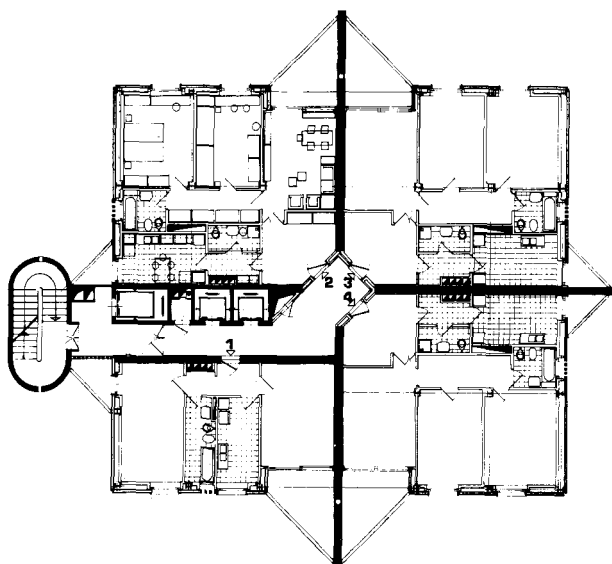
Fig. 66.

Costruzione a Milano di edifici residenziali a torre con organizzazione programmata del cantiere (Consorzio tra le cooperative di produzione e lavoro di Reggio Emilia).

I PROFESSIONISTI (LIBERI O DIPENDENTI) - I RICERCATORI

Sono coloro che attraverso un lavoro intellettuale e materiale hanno nell'attuale struttura sociale la delega di interpretare le esigenze dell'utenza e tradurle in termini reali ai vari livelli operativi e di intervento: l'assetto del territorio, le opere infrastrutturali, le strutture insediative urbane, agricole, gli organismi edilizi, gli elementi costruttivi.

I professionisti senza perdere di vista tale compito interpretativo, che è fondamentale, debbono individuare ed adottare le modalità operative (dalla fase programmatica a quella dì esercizio) più rispondenti per realizzare le opere edilizie con gli attributi di quali-

Fig. 67.

tà richiesti ed in termini economicamente validi (sia parziali per la committenza, per l'industria, ecc., sia globali per la collettività nel suo insieme).

È evidente come la vastità dei campi di interesse impliciti nelle attività edilizie coinvolga oggi una molteplicità di competenze disciplinari, che porta a superare la tradizionale identificazione dei professionisti per l'edilizia con l'ingegnere edile e l'architetto.

In realtà l'attuale civiltà industriale, con i rivolgimenti che ha implicato e le crisi di struttura che manifesta, richiede per risolvere problemi sempre più complessi, a livello quantitativo e qualitativo, la partecipazione di tecnici e di esperti che possano dare una risposta globale, in tutte le articolazioni del processo edilizio.

Considerando quanto si è detto in precedenza a proposito delle attività costruttive, nonché a proposito degli enti pubblici preposti all'edilizia, della committenza pubblica, dell'iniziativa privata e dell'industria, si possono individuare a livello schematico, poiché è sempre sfumato il confine tra un l'uno e l'altro, quattro campi fondamentali di attività:

— *programmazione e pianificazione; progettazione; esecuzione; conservazione del bene edilizio.*

Ciascun campo di attività contempla più competenze professionali che si diversificano a seconda del tipo di committente.

Fig. 68. Il capomastro-architetto del medioevo in cantiere (da un manoscritto del XIV secolo).

Fig. 69. L'architetto umanista e demiurgo del rinascimento: Michelangelo mostra il modello di S. Pietro al Papa.

Competenze professionali per la programmazione e la pianificazione.

A livello degli enti pubblici preposti all'edilizia, (ad esempio: Ministero dei LL.PP., organi regionali, ecc.), degli enti di committenza pubblica, delle Consulting e delle grandi imprese è necessaria la prestazione di urbanisti, ingegneri del territorio, informatici e sistemisti, sociologhi, economisti, giuristi, esperti nel campo amministrativo, espertiper la localizzazione e lo sfruttamento delle risorse, ecologi ed igienisti applicati.

Le imprese costruttrici nel caso più generale richiedono competenze nel campo della pianificazione e programmazione per:

— l'organizzazione aziendale e cantieristica;
— gli aspetti economici (determinazione dei costi, stima delle opere e formazione dei prezzi);
— gli aspetti contrattuali ed amministrativi (interni ed esterni).

Le competenze professionali richieste dalle industrie produttrici di oggetti edilizi intermedi sono per:
— l'organizzazione aziendale e di stabilimento;
— la ricerca di mercato;
— la gestione economico-amministrativa.

Competenze professionali per la progettazione.

A livello di enti pubblici preposti all'edilizia e di consulting si hanno: urbanisti, architetti, ingegneri del territorio, ingegneri edili, ingegneri idraulici, ingegneri dei trasporti, tecnici diplomati specializzati (geometri, periti, disegnatori, ecc.).

Gli enti di committenza pubblica richiedono: urbanisti, architetti, ingegneri e tecnici diplomati con qualifiche specifiche a seconda del settore cui compete l'ente stesso.

La committenza privata, specie quella riguardante l'edilizia residenziale, richiede essenzialmente l'opera dell'architetto, dell'ingegnere edile e di tecnici diplomati (ad esempio in Italia, i geometri).

Alle industrie produttrici di elementi costruttivi danno la loro opera: i designers, gli ingegneri edili, i tecnici diplomati e gli ingegneri specializzati nelle specifiche tecnologie di produzione (meccanici, chimici, ecc.).

Competenze professionali per l'esecuzione.

A livello di committenza pubblica e privata si ha necessità delle seguenti prestazioni: direzione dei lavori (controllo delle opere e loro contabilizzazione), collaudo (in corso d'opera o ad opera ultimata). Le imprese costruttrici richiedono normalmente una competenza professionale per la direzione del cantiere (ingegneri edili, architetti, tecnici diplomati).

Per le aziende produttrici di oggetti edilizi intermedi sono indispensabili; i tecnici per la direzione dello stabilimento, i tecnologi ed i tecnici di produzione.

Competenze professionali per la conservazione del bene edilizio.

Con questo termine si indica l'attività edilizia che opera per la conservazione dei centri storici, delle opere di importanza monumentale, per il *riciclaggio,*

Fig. 70. L'architetto della monarchia assoluta: presentazione a Luigi XIV del progetto dell'Hotel Royal des Invalides.

Fig. 71. Gli architetti di stato presentano a Napoleone il progetto per l'abbellimento di Parigi.

mediante ristrutturazione e rinnovamento, degli insediamenti residenziali preesistenti, per la manutenzione (ordinaria e straordinaria) sia delle opere edilizie sia degli impianti.

L'attività di manutenzione è circoscritta alla fase di esercizio del bene edilizio per garantirne il buon funzionamento e assicurarne la durata, e quindi richiede prestazioni implicite nei compiti ordinari dell'ingegnere edile, dell'architetto e dei tecnici diplomati, senza una necessaria specializzazione, salvo casi particolari (servizi di manutenzione di grandi opere infrastrutturali, come le autostrade, di grandi opere architettoniche, come i complessi sportivi, ospedalieri, ecc.).

Ben diversa è l'attività che concerne la conservazione dei centri storici, delle opere monumentali, ed il riciclaggio di complessi residenziali preesistenti. Questa attività contiene in sé i quattro campi in cui si è schematizzata l'opera dei professionisti, in quanto richiede: una programmazione a livello nazionale e regionale (ad esempio: programmi ed atti pianificatori del Ministero per i beni culturali, delle Sovraintendenze ai Monumenti ed alle BB.AA. per le varie regioni); una progettazione ed esecuzione specializzata, sia a livello di singolo edificio, per il restauro statico ed architettonico, sia a livello di struttura urbana, per il recupero dei vecchi insediamenti; una manutenzione di tipo particolare, specie per la conservazione del patrimonio artistico urbanistico ed architettonico.

Sotto questo profilo l'attività edilizia per la conservazione richiede, ai vari livelli, l'insieme delle attività professionali di cui si è detto in precedenza, e comprende inoltre in molti casi l'opera dell'archeologo e del tecnologo esperto in durabilità dei materiali.

Fig. 72. L'architetto-ingegnere della borghesia liberale dei primi del Novecento.

Fig. 73. Le Corbusier (l'ultimo grande architetto «rinascimentale»?) visita il cantiere della «Tourette».

La struttura dell'apparato tecnico-professionale.

Se l'elencazione delle attività tecniche e professionali può sembrare ovvia e prolissa, tuttavia consente di ricordare, o scoprire, quanto ampi siano gli interessi scientifici e culturali impliciti nell'edilizia e quali possono essere gli sbocchi occupazionali che essa offre.

D'altra parte obbliga a riconoscere che la struttura dell'apparato tecnico-professionale ha subito e sta subendo un profondo mutamento. Non è più pensabile il professionista singolo «illuminato», il tecnico «tutto fare», ormai incapaci di offrire una risposta in termini di sintesi globale alla «domanda» poliedrica

della nostra civiltà, bensì è oggi naturale vedere nel « lavoro di gruppo » una risposta efficace. Tale conseguenzialità è dovuta alla natura stessa della struttura che è andata assumendo il processo edilizio con l'industrialismo e all'istanza culturale, oggi imperativamente sentita, di una riunificazione delle conoscenze nei vari campi del sapere; inoltre è dovuta, come si dirà, anche ad una esigenza obiettiva degli studi tecnici in termini organizzativo-economici.

Per affrontare i vari problemi che l'edilizia sottende si è andata determinando, sin dal secolo scorso, una molteplicità di competenze facenti capo ciascuna a specifici campi tecnici e scientifici. Il ritenere che ciascun campo avesse una autonomia tale da poter risolvere soltanto nel suo ambito l'intera problematica, oppure che questa potesse essere risolta con la semplice sommatoria delle risultanze conseguite nei singoli campi, ha condotto, specie in una visione positivistica prettamente ottocentesca, alla specializzazione settoriale e quindi alla «parcellizzazione» del processo edilizio. Questo è stato frazionato in competenze specifiche e a tal punto dissociate che si è persa l'unitarietà del processo stesso, non soltanto con la frattura tra i vari campi di attività precedentemente schematizzati, cioè la pianificazione, la progettazione, l'esecuzione, la conservazione del bene edilizio, ma anche con una disaggregazione di competenze in seno a ciascun campo.

Il processo edilizio basandosi su una sommatoria di interventi da parte di operatori specializzati è stato trasformato in una catena di «deleghe a scegliere» per settori, senza che il delegante potesse correlarsi, salvo che per aspetti strettamente tecnici e parziali, con il delegato o viceversa.

Quanto detto trova inequivocabile conferma nell'attuale contesto produttivo, osservando l'oggetto edilizio nel valore che assume come « segno » dequalificante nel territorio e nella struttura urbana: non si può certamente negare che l'edilizia di oggi risulta, in genere, un meccanico prodotto di «collage» conseguente ad un'azione priva di un qualsiasi atteggiamento critico e di un comportamento unificante. Per ulteriore conferma è sufficiente ricordare la dicotomia tra architettura ed ingegneria, tra arte e scienza, tra forma e tecnica che si è prodotta nel secolo XIX e che ancora pervade, purtroppo, l'azione progettuale. In nome di una visione prettamente «artistica» da un lato ed «ingegneristica» dall'altro, viene concettualmente e strumentalmente scisso l'aspetto ideativo a

Fig. 74. F. L. Wright: il maestro e gli allievi nell'atelier.

Fig. 75. Il classico studio del libero professionista; Jean Prouvé al lavoro (1958).

livello formale da quello relativo alla fattibilità ed alle tecniche costruttive, tanto da poter considerare queste ultime autonome e relative ad un momento successivo all'ideazione formale. Analogamente la pianificazione dell'edilizia sul territorio ha tenuto conto soltanto degli aspetti strettamente «costruttivi» ignorando tutte le implicazioni urbanistiche, socio-economiche, ecologiche, ecc.

Di fronte ad una tale realtà risulta evidente come l'azione singola, per quanto qualificata e polivalente, del professionista non possa dare una risposta positiva, anzi è il simbolo stesso della disgregazione del processo edilizio. In effetti all'apparente accordo, solo strumentale, basato sull'isolamento di settore, subentra una conflittualità reale nel valutare i risultati di un lavoro disaggregato: ciascuno riversa le responsabilità degli errori a coloro che lo precedono o lo seguono. È sintomatica a questo proposito la proverbiale conflittualità fra progettista, direttore dei lavori, committenza ed impresa costruttrice. A superamento di una tale situazione è iniziato il cammino verso il *lavoro di gruppo* e si è andata manifestando, in questi ultimi anni, la tendenza a sostituire, specie nel momento pianificatorio e progettuale, all'obsoleto processo per sommatoria di effetti un processo interrelato a *feed-back.*

Inizialmente la riaggregazione delle azioni operative è avvenuta nell'ambito dei singoli campi d'attività attraverso il *gruppo monodisciplinare* di tecnici specializzati (ad esempio: gruppo di soli urbanisti, di soli progettisti edili, di soli tecnici delle costruzioni, ecc.); questo comportava un arricchimento della partecipazione alle scelte, ma non superava di fatto la scissione nell'ambito di un processo che non poteva non essere unitario.

In un secondo momento si è passati al *gruppo interdisciplinare:* l'*équipe* formata da operatori con competenze specifiche e differenziate (ad esempio: la progettazione integrale che vede operare unitamente il committente, il pianificatore, il progettista, l'esecutore). Anche in questo caso si aveva però una suddivisione, in orizzontale o in verticale, del processo edilizio, che in pratica dava sempre luogo ad un gruppo chiuso di competenze specificatamente tecniche, relative soltanto o a settori della pianificazione territoriale, o a particolari interventi edilizi, o alle varie opere infrastrutturali, e così via. Cioè, se interdisciplinare è il gruppo, settoriale resta la sua utilizzazione.

Al lavoro del gruppo « chiuso » si contrappone oggi il lavoro del gruppo « aperto »; « apertura » implica due

Fig. 76. Il lavoro professionale in gruppo.

Fig. 77. Esperienza di lavoro collettivo (progetto + costruzione) di studenti in Francia.

intenzionalità ben precise:
— impegno globale degli appartenenti al gruppo, conseguente all'abbandono sul piano culturale ed operativo della figura del «tecnico neutrale», acritico e sempre disponibile;
— tematiche offerte al lavoro di gruppo, che, se anche rivolte a specifici settori o interventi, comunque tengano conto delle interrelazioni a monte e a valle dell'operazione da effettuare, considerando sempre la finalità di avere un controllo integrato nel processo formativo dell'insediamento umano sul territorio.

Gruppo aperto sta a significare anche il superamento del lavoro di «élite», degli «addetti ai lavori», attraverso l'integrazione (nelle debite proporzioni a seconda dei caratteri dell'operazione edilizia) tra tecnici, esperti di settore, utenza, amministratori, politici, esperti sindacali, ecc. L'effetto del lavoro del «gruppo aperto», svolto consapevolmente in tutti i campi dell'attività tecnico-professionale per l'edilizia e ai vari livelli d'intervento, dovrebbe essere quello di determinare un sistema di azioni spontanee interrelate, che vede il fatto tecnico e produttivo non circoscritto, bensì inserito in qualificati indirizzi socio-economici e in un processo organico di modificazione dell'ambiente fisico. A livello generale tutto ciò consentirebbe la pianificazione «continua», cioè il controllo costante, a breve, medio e a lungo termine, della modificazione dell'ambiente di vita, in base ad ipotesi di sviluppo socio-economico e a modelli di strutture sociofisiche. In particolare si avrebbe una continuità di intenti e un indirizzo socio-culturale unificante tra i diversi settori in cui necessariamente si articola e si sviluppa l'attività edilizia.

D'altra parte in questi ultimi decenni la riorganizzazione tecnologico-professionale si è spontaneamente manifestata a mano a mano che il settore dell'edilizia veniva assumendo una struttura industriale: la velocità del fenomeno di modificazione dell'ambiente insediativo, la dimensione sempre crescente degli interventi infrastrutturali e residenziali da realizzare, la necessità di una risposta esauriente e immediata alle richieste dell'utilizzatore hanno porta-

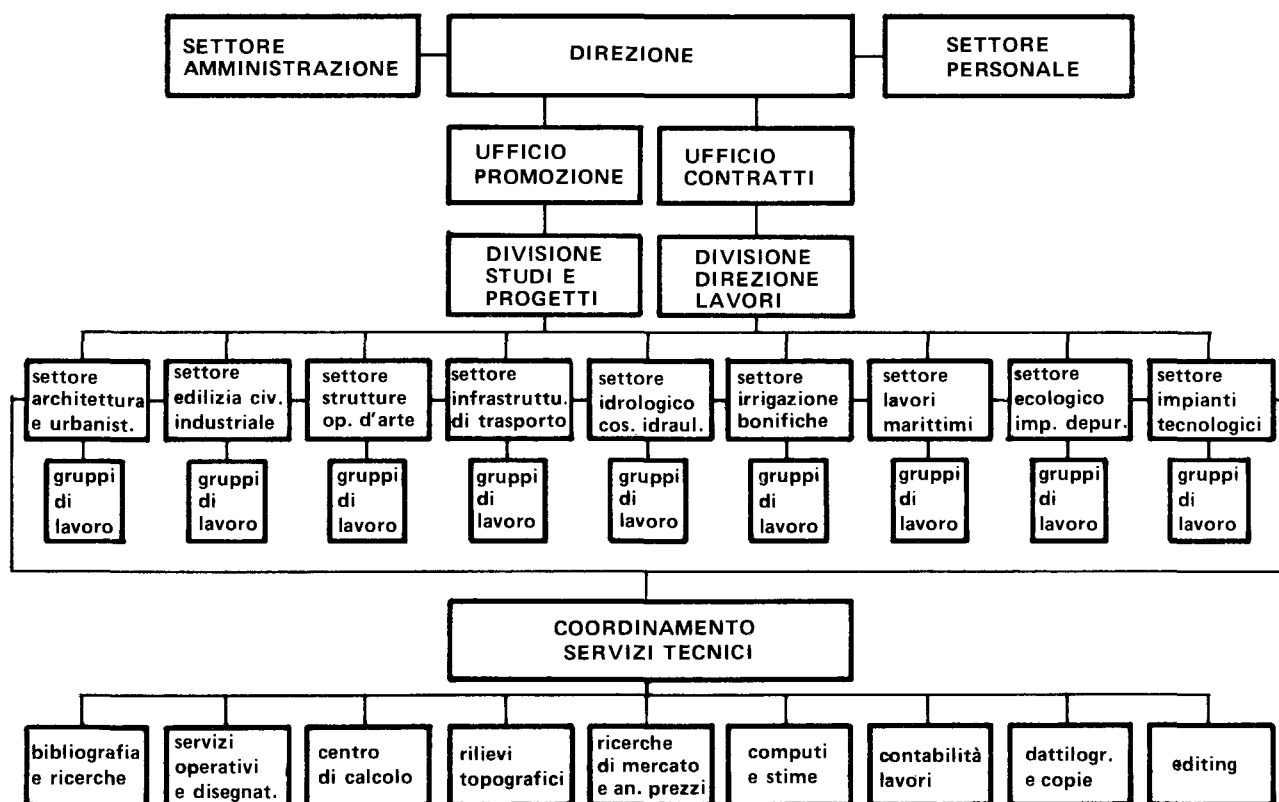



Fig. 78. Organigramma di una enginering-consulting.

to le grandi committenze, sia pubbliche che private, a richiedere la prestazione collegiale di più tecnici, escludendo così la possibilità di avvalersi ancora della figura classica del professionista singolo. Da qui la creazione presso gli enti di committenza di uffici tecnici sempre più capaci di esaurire l'intero ciclo, dalla programmazione alla progettazione, dal controllo dell'esecuzione alla manutenzione, e la formazione di studi professionali a carattere interdisciplinare di consulenza, di progettazione e di controllo dell'esecuzione per settori d'intervento (engineering Consulting, ecc.).

Praticamente stanno scomparendo lo studio professionale e l'ufficio tecnico, per così dire, di tipo artigianale, i quali non possono più far fronte in termini organizzativi ed economici ad una domanda che richiede la soluzione di problemi quantitativamente sempre più ampi. In questo trapasso dall'attività tecnico-professionale tradizionale alle grandi concentrazioni progettuali ed esecutive vi è il pericolo di una cristallizzazione culturale, di una tecnocratizzazione del processo edilizio e in ultima analisi della perdita di qualità sia in chi produce sia nel prodotto. Ad evitare un tale pericolo si tende oggi a sviluppare il lavoro di gruppo, con i caratteri di interdisciplinarietà sopraenunciati, in modo decentrato ai vari livelli d'intervento (regionale, comunale; nell'ambito degli organi di committenza, dell'impresa costruttrice e delle industrie produttrici di elementi costruttivi), contrastando così un eccessivo accentramento e posizioni di monopolio. Ciò consentirà, tra l'altro, il permanere, anche se sotto forma diversa, del carattere «artigianale» del lavoro tecnico professionale.

L'attuale modificazione di struttura del mondo tecnico-professionale assumerà valori significativi nella misura in cui l'università e le scuole specializzate sapranno contribuire alla formazione di quadri rispondenti alle esigenze della società di oggi, che tende a rifiutare l'eccessiva specializzazione per riacquistare la conoscenza «globale» dei fatti. L'università, fin dagli anni '60, specie nel campo dell'ingegneria e dell'architettura, ha percorso inesorabilmente la via della specializzazione e della settorializzazione più spinte, contribuendo ad esaltare quel procedere per sommatoria e a compartimenti stagni di cui si è detto in precedenza. In quest'ultimo decennio, sotto la spinta dell'azione studentesca denunciataria delle carenze del sistema, portatrice delle nuove istanze sociali, e per la rinnovata coscienza del mon-

Fig. 79.

Immagini di studi di grandi «consulting» o di industrie.

Fig. 80.

do della cultura che tende attraverso la « riunificazione del sapere» ad infrangere i confini artificiali tra campi conoscitivi (ad esempio, tra arte e scienza, tra economia-politica e tecnica, ecc.), l'università, specie in Italia, constatata la crisi della sua struttura, sta rivedendo i propri indirizzi scientifici e didattici per ricollegarsi sempre più al mondo reale, soprattutto attraverso il principio della interdisciplinarietà, il superamento dell'educazione d'«élite» e la ricerca applicata intesa come servizio sociale. Soltanto se l'università saprà percorrere un tale cammino, si potrà configurare una struttura tecnico-professionale capace di rispondere alle istanze della civiltà industriale e di superare le deformazioni tecnicistiche, consumistiche ed alienanti che questa sottende.

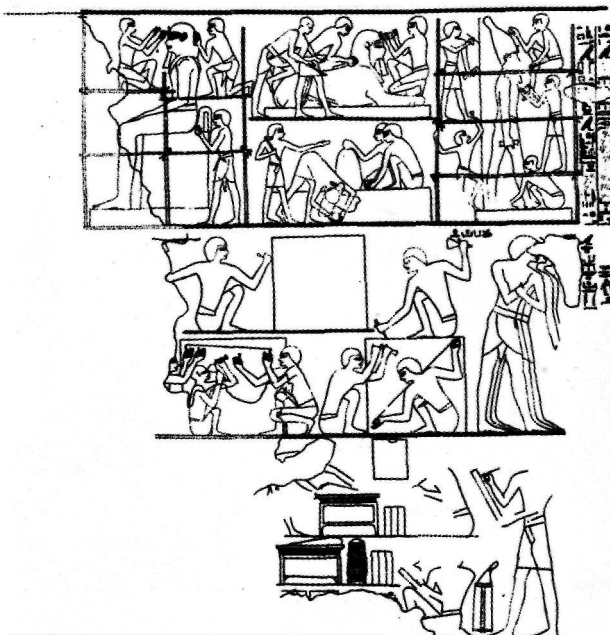
A conclusione si vuole accennare ad una nuova figura che si è andata delineando nell'edilizia in questi ultimi anni, quella del *ricercatore.*

L'evolversi delle esigenze socio-economiche a tutti i livelli d'intervento, il continuo progresso tecnico, la costante necessità di offrire una risposta tempestiva ed esauriente in termini organizzativi, attuativi ed economici, nonché il poter effettuare un'efficace opera di controllo, ha fatto sì che gli organi pubblici e l'industria ritenessero indispensabile una costante attività di ricerca, non soltanto tecnologica, ma anche in altri settori, che si espletasse in un ambito interdisciplinare e in diretto contatto con precise realtà contestuali. Il *ricercatore* è ormai una figura istituzionalizzata nell'ambito dell'edilizia, come da tempo lo è per altri settori di attività, con campi di interessi molteplici del tutto analoghi a quelli menzionati in precedenza per i professionisti (liberi e dipendenti). L'attività del ricercatore, oltre che presso le università e gli enti nazionali di ricerca, si sviluppa capillarmente in tutti i settori operativi dell'edilizia. Oggi in particolare viene incrementata la ricerca relativa all'edilizia industrializzata per quanto concerne sia gli aspetti tecnico-produttivi, sia gli aspetti socio-economici.

Fig. 81. Il centro «elettronico» di una grande «Consulting».

Fig. 82. Le maestranze del periodo Egizio.

LE MAESTRANZE

Costituiscono l'insieme dei lavoratori, nel senso stretto del termine, che con il loro impegno fisico e

intellettuale consentono la realizzazione materiale del bene edilizio.

Si è usata la dizione maestranze, anche se può sembrare antiquata, per sottolineare che si tratta di un lavoro che non si esaurisce nella manualità o nella automaticità, bensì implica sempre un apporto d'intelligenza e di conoscenze sperimentali.

Il lavoro del cantiere edile sino ad oggi si è sempre estrinsecato in modo tale che le maestranze, gli operai, hanno partecipato in modo diretto, anche se sotto diverse forme a seconda del periodo storico, alla creazione dell'opera edilizia e si sono quindi riconosciuti come artefici consapevoli dell'utilità e dei significati della costruzione. In sostanza sia il semplice manovale che il «mastro» specializzato vedono nascere e crescere l'opera da realizzare e ne conoscono i modi, i mezzi ed i tempi per darle una forma compiuta, «costruita». Essendo il lavoro dell'operaio specializzato legato al lavoro della manovalanza da precisi cicli operativi, da cadenze gestuali e da ritmi temporali acquisiti con l'esperienza quotidiana, si determina una integrazione dei rispettivi compiti che risultano così, al di fuori di distinzioni gerarchiche e di emolumento, gli uni complementari degli altri. Infatti il lavoro edile è caratterizzato dalla «squadra», cioè un gruppo di maestranze con diverse qualifiche e competenze svolge un preciso ciclo di lavorazione (ad esempio: la squadra dei muratori e manovali per l'ossatura muraria, la squadra dei carpentieri, dei cementisti e dei ferraioli per le opere in c.a., la squadra di montatori e saldatori per le opere metalliche, ecc.). La perfetta conoscenza del ciclo operativo e delle relazioni di questo con gli altri cicli necessari per realizzare l'opera rendono altamente qualificata l'attività dell'operaio edile.

D'altra parte il lavoro dell'operaio, in particolare lo specializzato, come ad esempio il «mastro», si colloca in una sfera artigianale che può risultare intensamente creativa, anche se rivolto al magistero di uno specifico elemento costruttivo; a questo proposito basterà ricordare in epoca romana l'artefice dell'opus reticulatum, lo scalpellino-scultore del periodo romano-gotico, lo stuccatore-modellatore del periodo barocco, e ancora il «voltarolo», il «paramentista», e infine il carpentiere specializzato nel c.a. a faccia a vista dei nostri giorni.

Il lavoro artigianale rende tutte le operazioni lavorative legate all'opera da realizzare, che è un «unicum » in cui anche lo scalpellino della cava riconosce

Fig. 83. Le maestranze dell'alto medioevo.

Fig. 84. Bassorilievo del Campanile di Giotto dedicato all'artigianato edile.

la «funzionalità» del concio che sbozza e che squadra; l'infisso predisposto nella «bottega» è per l'artigiano un componente qualificante di una ben individuata opera.

Il lavoro artigianale consente quindi una partecipazione attiva delle maestranze, anche quando si configura l'architetto come regista dell'opera in assoluto (ad esempio nel periodo rinascimentale) o in collaborazione con il direttore dei lavori (ad esempio ai nostri giorni). L'architetto, o chiunque diriga la costruzione, non può ignorare le maestranze, anzi la loro capacità derivante dall'esperienza e da una perizia artigianale è garante del suo successo. In questo senso, ad esempio, nella tradizione del cantiere edile il «pranzo di copertura», a cui intervengono tutte le maestranze, assume il significato di tangibile riconoscimento di una partecipazione e di uno sforzo comune (purtroppo è un'usanza che va scomparendo).

Nel passato era il lavoro artigianale a qualificare gli operatori dell'edilizia a tutti i livelli, dal semplice manovale all'apprendista, dal mastro al capomastro, dall'imprenditore all'architetto. La qualificazione avveniva senza soluzione di continuità da un livello all'altro delle competenze, in quanto l'artigianato possedeva ed era sostenuto da una precisa sfera culturale. La struttura dell'artigianato era tale da porre le maestranze in grado di assolvere a tutti i problemi connessi alla costruzione e alla progettazione; tutto ciò è ancora rintracciabile in imprese di modesta entità dei piccoli centri e in alcune forme associative di lavoratori (ad esempio le imprese cooperative).

Fino ad un determinato periodo il progettista proviene dalla bottega artigiana per provata qualificazione a livello artistico. La scissione tra produzione artigianale e attività artistica, le cui origini risalgono al periodo rinascimentale, è codificata dall'avvento dell'industrialismo, il quale, tra l'altro, ha determinato una distinzione tra compiti creativo-direttivi, provenienti dall'alto, riservati ad un «elite», i professionisti, e compiti meramente esecutivi riservati alle maestranze, che hanno così assunto un ruolo passivo e, alla lunga, dequalificante.

Questo fenomeno ha condotto a quel profondo distacco socio-culturale, che si è manifestato in tutta la sua estensione dal secolo scorso e ancora sussiste, tra le maestranze edili e la categoria dei tecnici «intellettualmente» qualificati. Distacco dovuto all'inesorabile organizzazione piramidale che l'industrialismo ha finito per imporre in tutti i settori, parcelliz-

Fig. 85.

Le maestranze operano collegialmente in un ambito artigianale: Francia XV e XVI secolo.

Fig. 86.

zando a tutti i livelli le competenze lavorative, e alla struttura scolastica che, basandosi sulla differenza di classe, ha determinato di fatto una suddivisione aprioristica di competenze lavorative e intellettuali.

In particolare l'insegnamento universitario, arroccandosi in un ambito teorico e nozionistico («accademia» per l'architettura e «tecnicismo» per l'ingegneria) finisce per produrre laureati ignari non solo della realtà operativa del processo edilizio, ma soprattutto della realtà sociale del mondo del lavoro.

L'attuale tendenza alla riunificazione del sapere, l'educazione continua e di massa potranno condurre al superamento di un tale distacco attraverso una riaggregazione dei protagonisti del processo edilizio che consenta, sul principio del «gruppo aperto», l'apporto responsabilizzato delle maestranze.

Sotto il profilo socio-economico le maestranze edili vedono nel modello industriale una possibilità per risolvere i problemi derivanti dalla discontinuità occupazionale, dovuta al carattere stagionale del lavoro, e dalle disagevoli condizioni sotto il profilo climatico nel cantiere.

Questo è avvenuto per i lavoratori delle industrie produttrici di elementi costruttivi, che si configurano ormai come addetti dell'industria in senso stretto.

Per le maestranze delle imprese edili, cioè degli addetti al cantiere, si tende, attraverso l'edilizia industrializzata e in particolare con la prefabbricazione su basi seriali, a promuovere il trasferimento del maggior numero dei cicli lavorativi nelle fabbriche, riducendo al limite le operazioni cantieristiche al solo montaggio.

Questa tendenza è anche accelerata dai movimenti migratori delle maestranze edili dalle regioni più arretrate verso le aree metropolitane altamente industrializzate. Se lo spostamento dal cantiere alla fabbrica comporta dei benefici, tuttavia implica per il lavoratore edile la definitiva perdita del contatto diretto e responsabile nell'attuazione dell'opera edilizia, inducendo un comportamento sul lavoro che può sfociare nella «disaffezione» e nella alienazione operativa, proprie di chi svolge un'attività parcellizzata ignara di quelle che la precedono e che la seguono.

Ad evitare un simile risultato possono concorrere un fattore obiettivo insito nel processo edilizio e la scelta di nuovi modelli di conduzione.

Fattore obiettivo è che il cantiere non potrà mai essere soppresso e quindi sussisterà sempre una

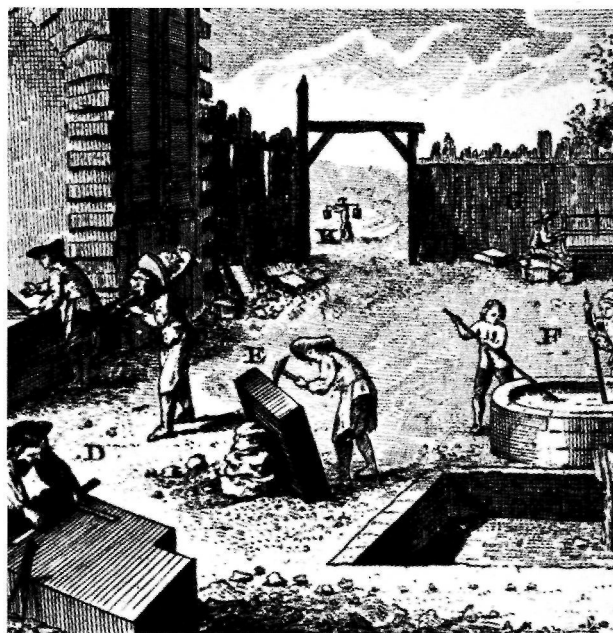
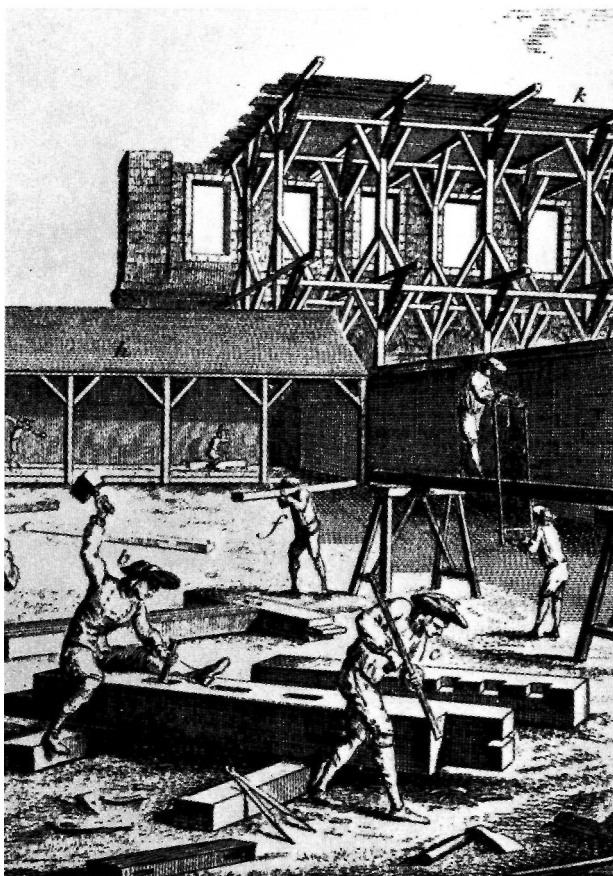



Fig. 87. La squadra per i lavori murari del XVIII secolo.

Fig. 88. I carpentieri del XVIII secolo.

presenza «in opera» del lavoratore edile; inoltre la diversificazione del cantiere da luogo a luogo sussiste anche per gli organismi prefabbricati, e ciò determina comunque una variabilità di situazioni operative.

Nuovi modelli di conduzione possono riguardare sia il lavoro in officina sia in cantiere. Nel primo caso significa impostare la produzione in serie dei componenti industrializzati, anziché su una alienante catena di montaggio, su di una successione di operazioni che rendano il lavoratore consapevole e responsabile, in senso «artigianale», delle finalità globali del prodotto.

Per quanto concerne il cantiere edile, tenendo presente che la meccanizzazione ha già ridotto notevolmente, se non annullato, la fatica fisica in molte operazioni (ad esempio per gli scavi e gli sbancamenti, per il sollevamento dei materiali, per la preparazione degli impasti) si può prevedere una completa meccanizzazione dei cicli di lavorazione in modo da consentire l'industrializzazione in sito dei procedimenti costruttivi (come ad esempio avviene già nell'industrializzazione dei getti e nei procedimenti a *lift-slab);* in tal modo si potrebbero soddisfare le esigenze delle maestranze senza far loro perdere, anche se in termini diversi da quelli tradizionali, l'autentica identità, quella di «costruttori».

Passando ora a considerare come si qualificano oggi le maestranze edili che operano nel cantiere, si può rilevare che la qualificazione è conseguente, d'altronde come per il passato, ai procedimenti costruttivi, ai cicli di lavorazione, ai tipi di lavorazione, a particolari elementi costruttivi. Si ha quindi una molteplicità di competenze sia specifiche che polivalenti: dal terrazziere al cavatore, dal muratore al carpentiere, dal ferraiolo al cementista, dal pavimentista al lucidatore, dallo scalpellino al tornitore, dallo stuccatore al pittore, dal falegname al fabbro, dall'idraulico all'elettricista; tutte figure tradizionalmente ben note, a cui vanno aggiunti gli addetti al movimento delle attrezzature meccaniche (trattoristi, escavatoristi, gruisti, ecc.), gli operai specializzati nel montaggio di costruzioni e di opere prefabbricate in genere, e infine l'operaio *polivalente,* cioè qualificato per tecniche costruttive sia tradizionali che nuove. Questa figura di operaio specializzato tende ad assumere sempre maggiore importanza con l'introduzione dei nuovi procedimenti costruttivi improntati all'industrializzazione, (vedi Tavv. 35-36)

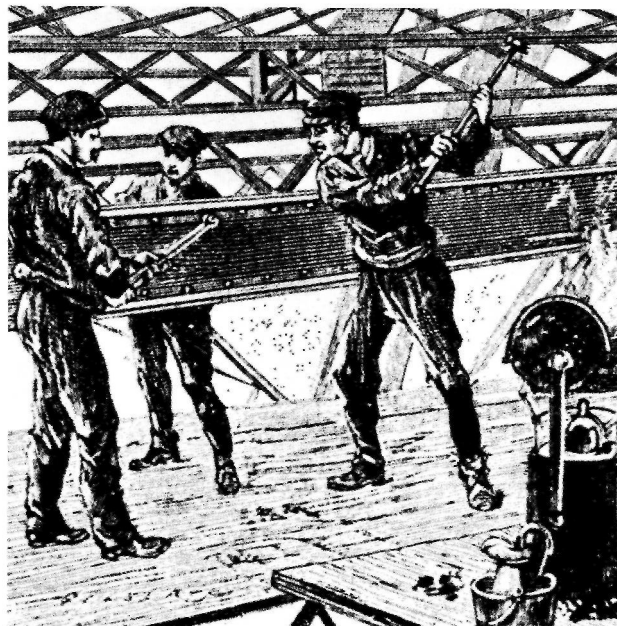



Fig. 89. I carpentieri di opere in ferro (costruzione della torre Eiffel).

Fig. 90. Le maestranze di oggi viste da Léger (1950).

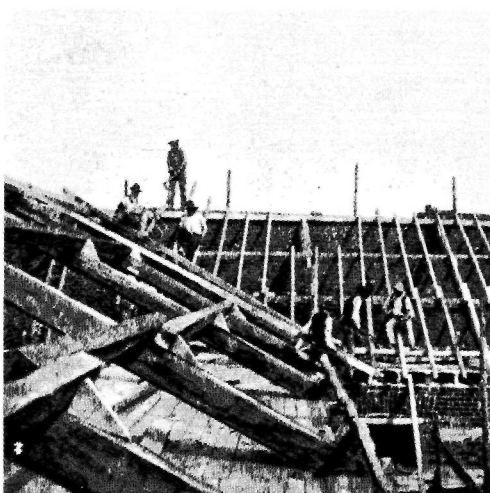
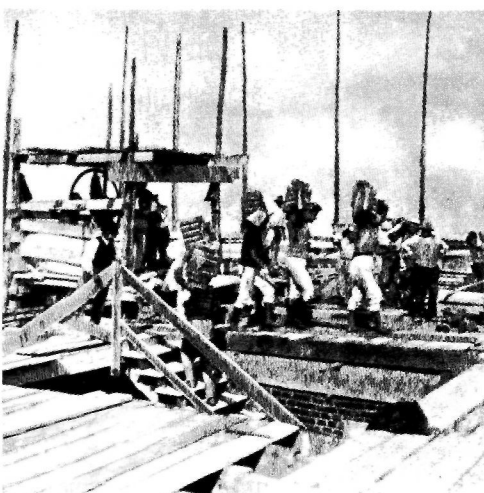
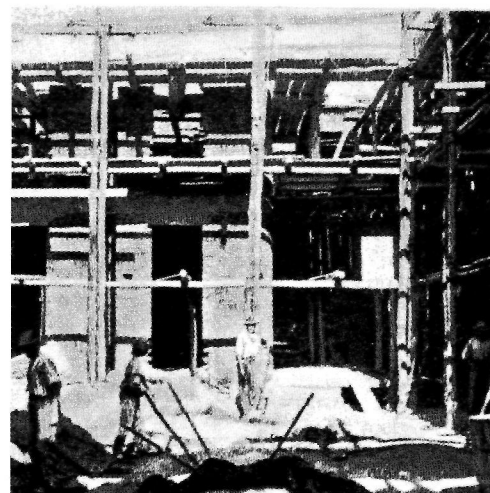
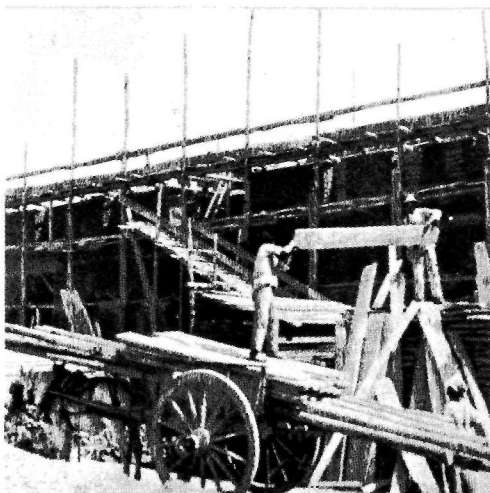
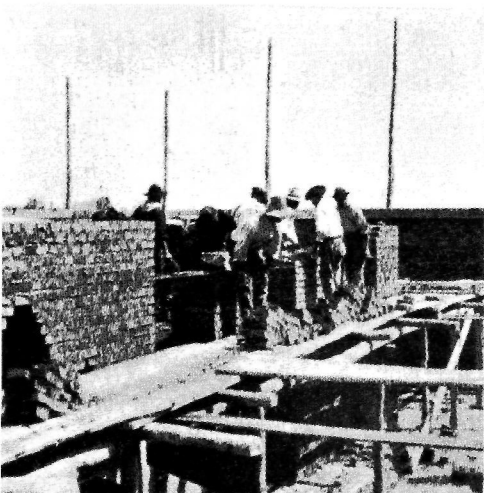
TAVOLE

DA 22 A 36

TAV. 22. — I PROTAGONISTI

In « Les Comstructeurs » (1950) Léger esprime in modo sintetico ed immediato il contrasto che si manifesta nell'attuale momento storico tra il valore **naturale** dell'uomo ed il **mito** del processo tecnologico. Quest'ultimo tende, in nome di un nuovo positismo, ad annullare ogni partecipazione **attiva** dell'uomo nella realizzazione dell'opera. Con le immagini e il termine **costruttori** Léger ha voluto ridare un senso globale, consapevole e responsabile al lavoro edile, dall'operaio al direttore di cantiere.

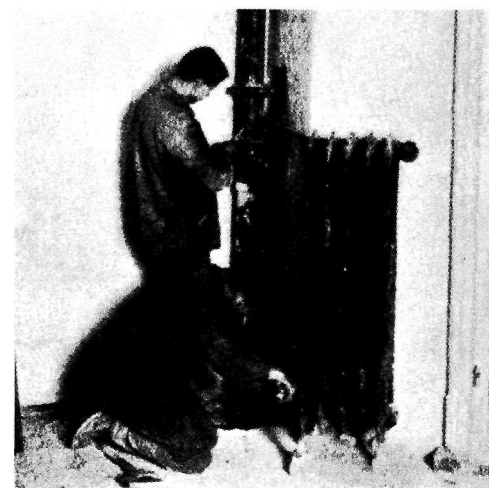
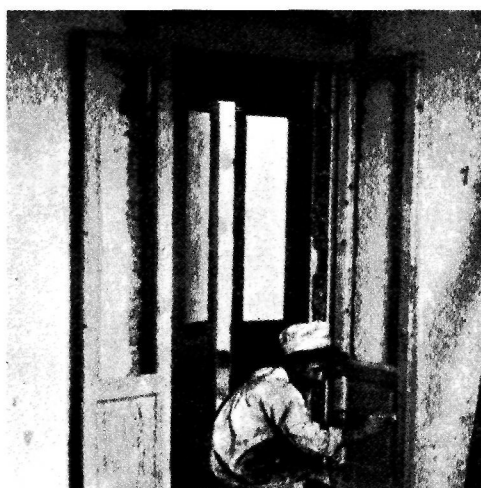
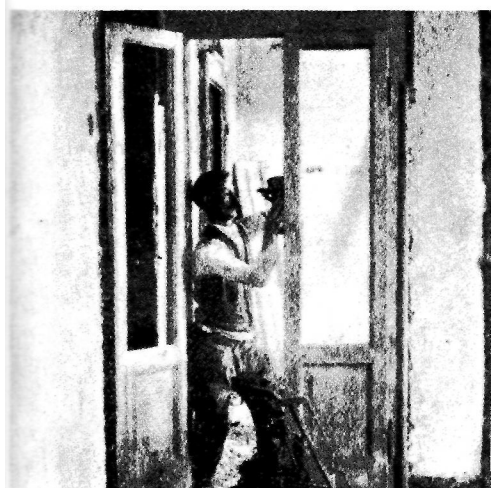
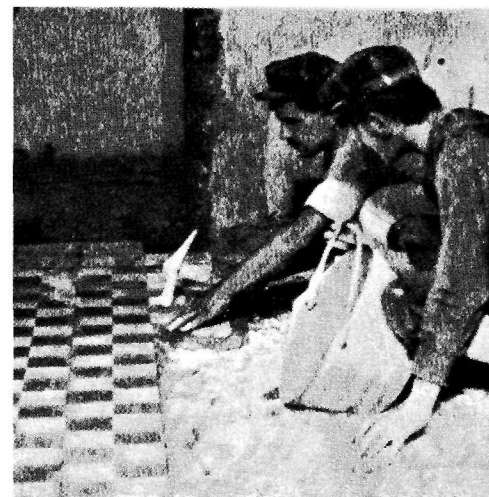
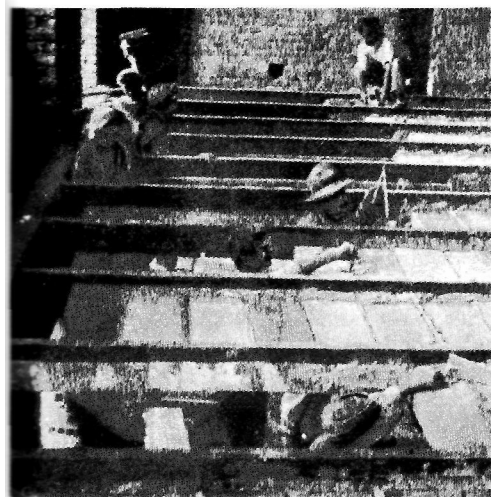
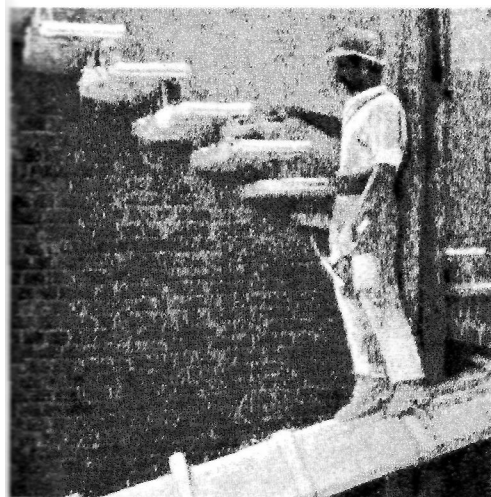
In questo senso ha posto indirettamente in evidenza le attuali contraddizioni che si hanno nel processo edilizio; in nome dell'efficientismo si è parcellizzato il lavoro e si è giunti ad una molteplicità di **protagonisti,** allontanando sempre più **l'utente** dal **costruttore.**

Il messaggio di Léger può essere interpretato come espressione della necessità inderogabile di recuperare nelle dovute forme la qualità del prodotto e la qualificazione del lavoro proprie dell'artigianato nell'ambito del processo di industrializzazione in atto.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

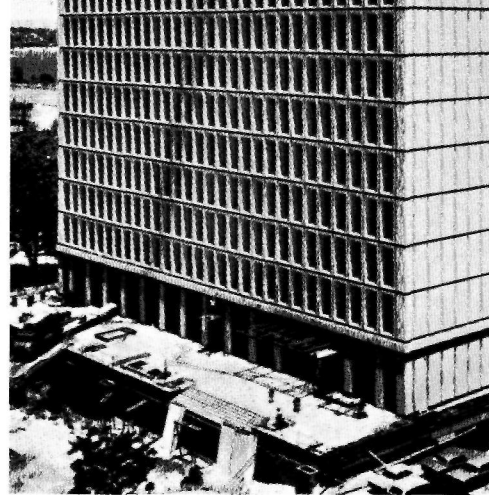
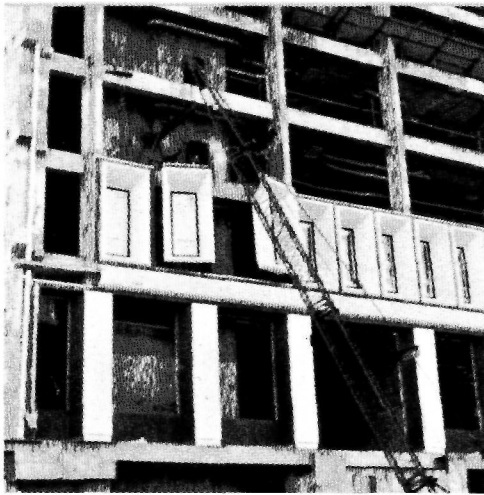
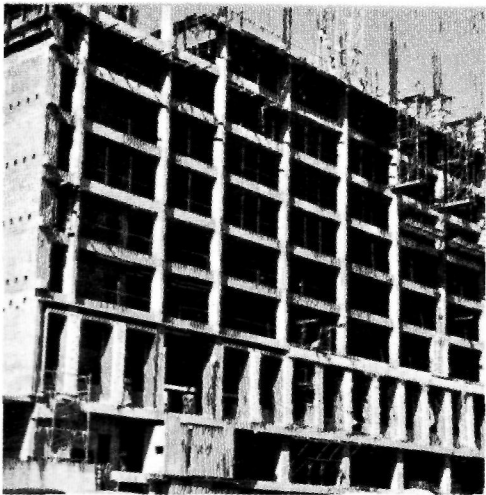
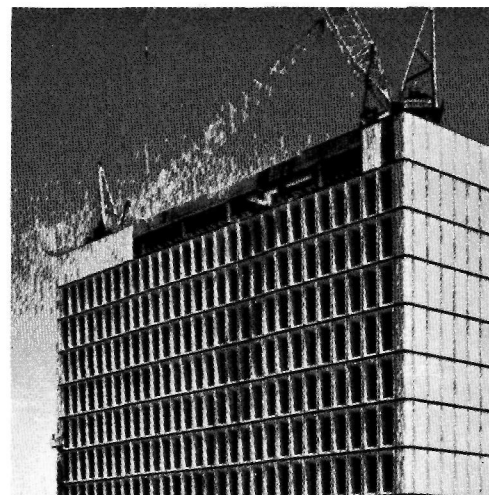
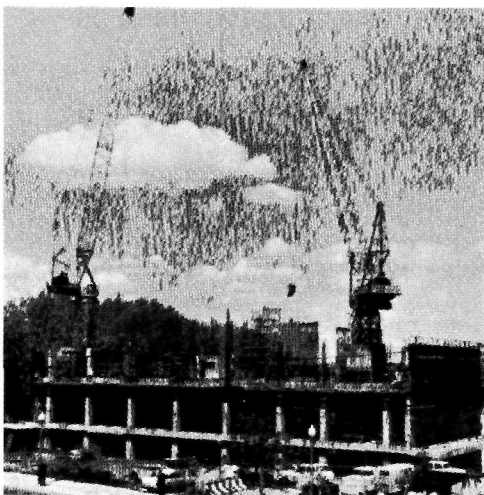
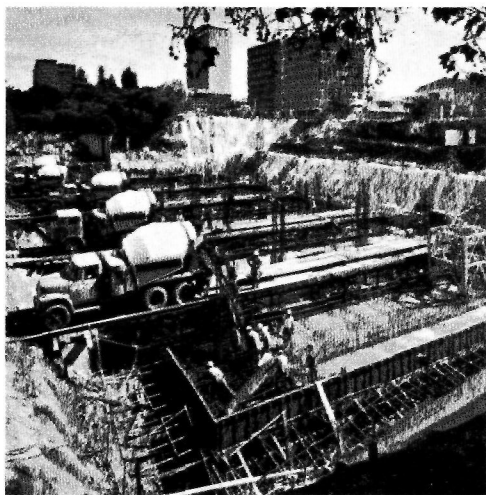
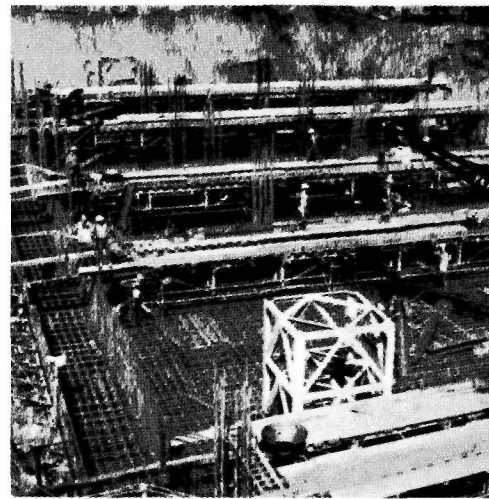
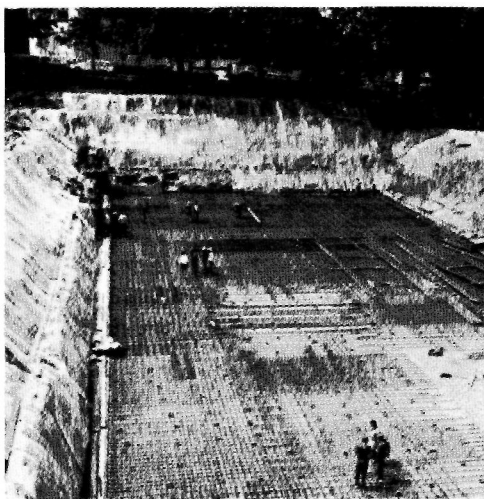
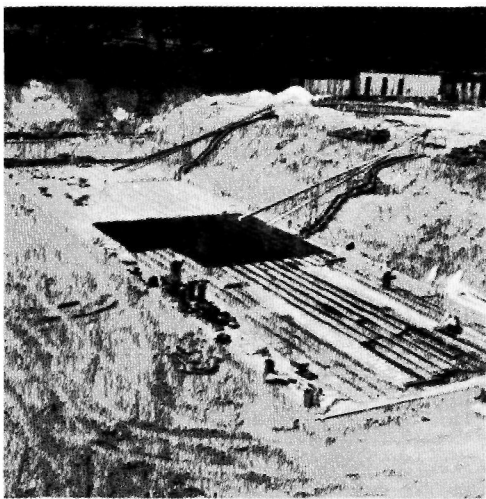
TAVV. 23-24. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

Nelle tavole 23-24-25-26 è sintetizzato il processo di trasformazione che ha subito dall'inizio del secolo il settore delle imprese costruttrici, in particolare delle imprese che svolgono la loro attività nel campo delle costruzioni di edifici. Al contrario di altri settori il processo di industrializzazione si è manifestato in tempi relativamente recenti nell'ambito delle imprese edili, tanto che ancora oggi permane nelle piccole e medie un carattere prettamente artigianale. Nelle tavole 23-24 è illustrato un cantiere dei primi del '900 nelle diverse fasi di lavorazione, ed è facile riscontrare che ancora è basato essenzialmente sull'opera manuale dell'uomo, nonostante che nello stesso periodo altri settori industriali e anche i lavori edili per le grandi opere infrastrutturali già usufruissero di mezzi e tecniche rinnovate sotto il profilo indu-

a, impianto del cantiere (sì noti il trasporto a cavalli); b, sterro e sbancamento a mano; e, preparazione a mano dei leganti e degli impasti; d, elevazione dei muri da parte di una squadra di manovali e capomastri; e, realizzazione dei ponteggi in legname; f, impasto della malta a pie d'opera e sollevamento mediante tiro in alto a mano; g, trasporto a «spalla» del materiale al piano; h, i, realizzazione della grande e piccola orditura in legno del tetto e posa in opera del manto di copertura.

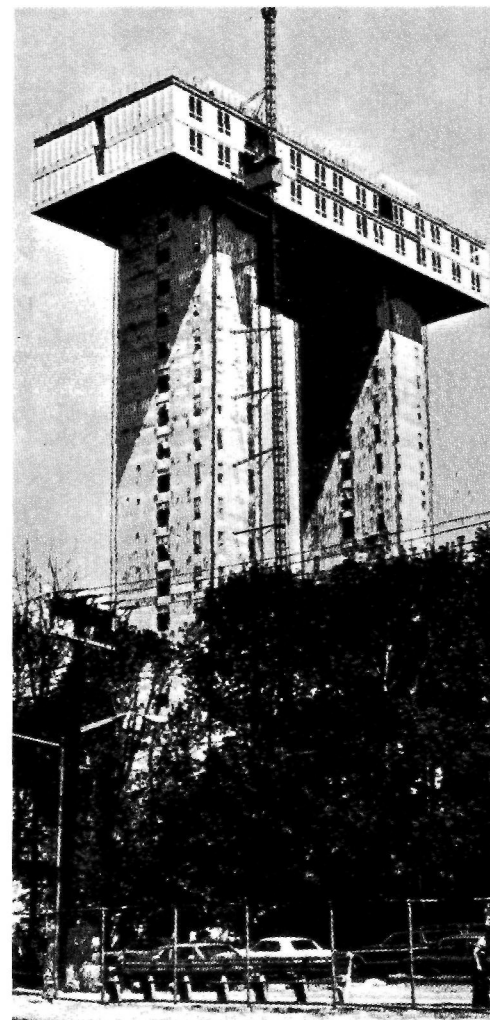
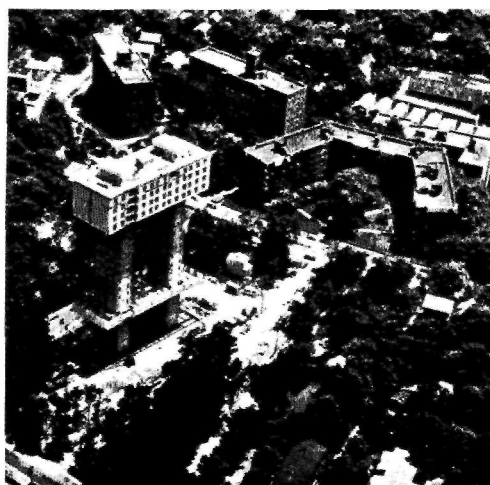
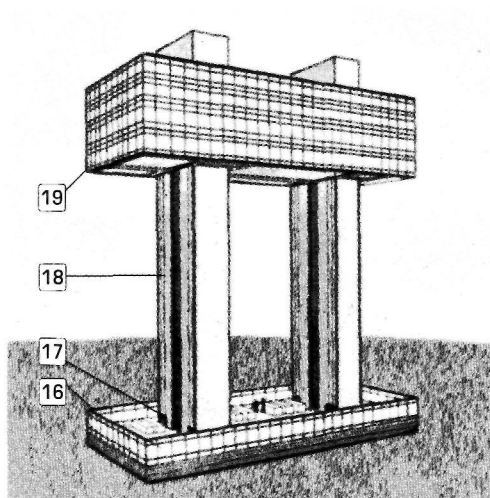
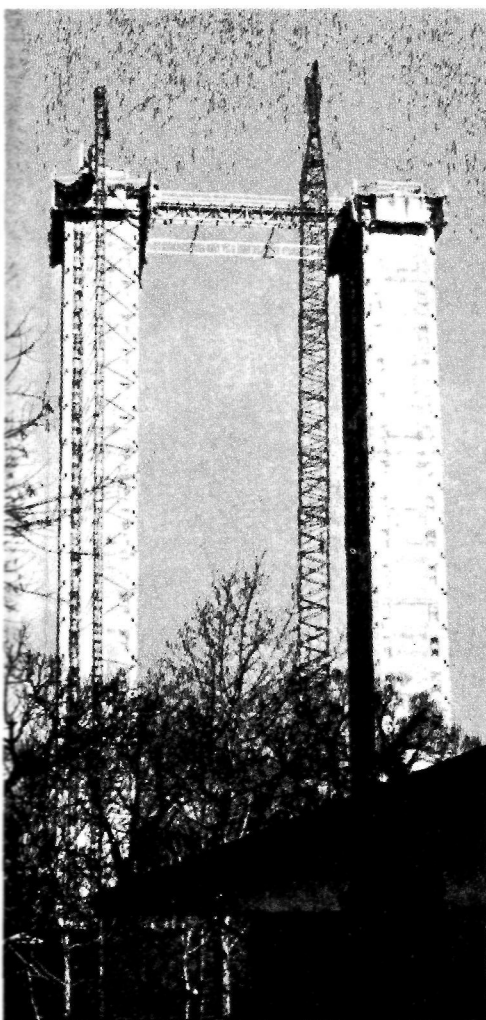
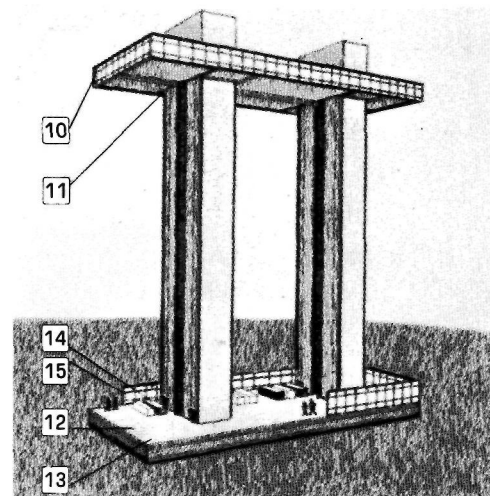
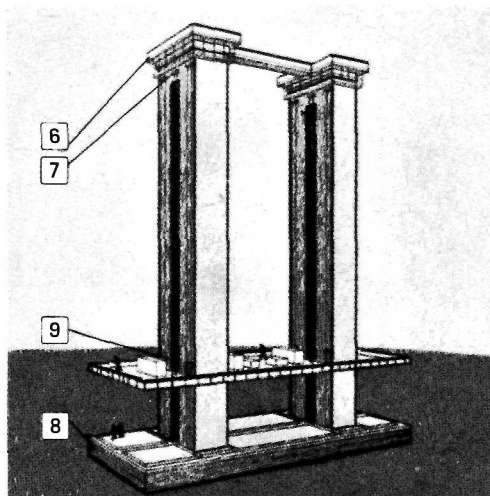
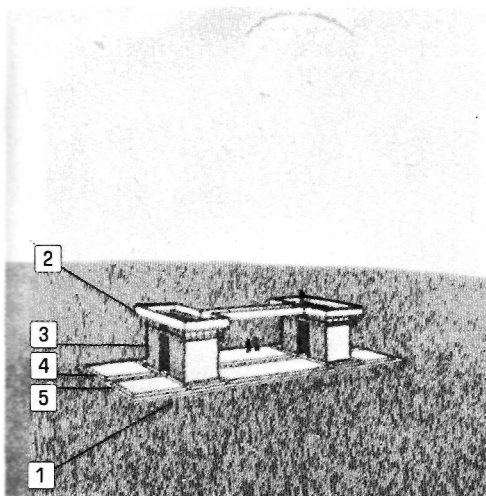
l	m	n
o	p	q
r	s	t

(segue)

striale. I fattori di questa lenta trasformazione dell'impresa edile sono molteplici e in Italia sono legati al tipo di conduzione e all'ampiezza delle aziende, al basso costo della manodopera e in ultima analisi al ritardato sviluppo economico e sociale del paese, specie nelle aree del mezzogiorno. Nel cantiere tradizionale prevale il lavoro manuale, tuttavia il lavoro dell'operaio non si esaurisce nella **manualità** ma si specializza per lavorazioni con una qualificazione artigianale: il lavoro di squadra integra in una logica esecutiva il manovale con il mastro.
Nelle tavole 23-24 sono riportate le principali fasi delle lavorazioni che si svolgono nel cantiere e che permangono tuttora anche se in gran parte mutate nei modi e nei mezzi di esecuzione.

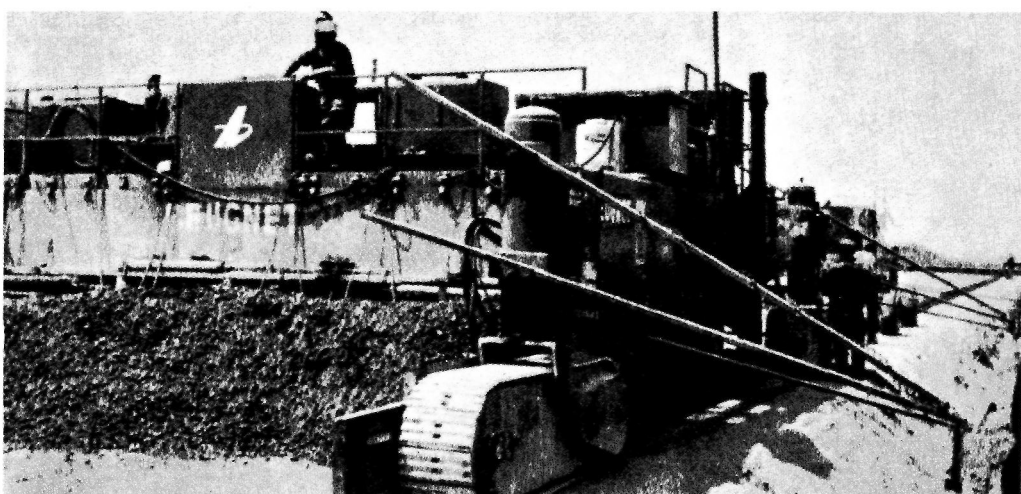
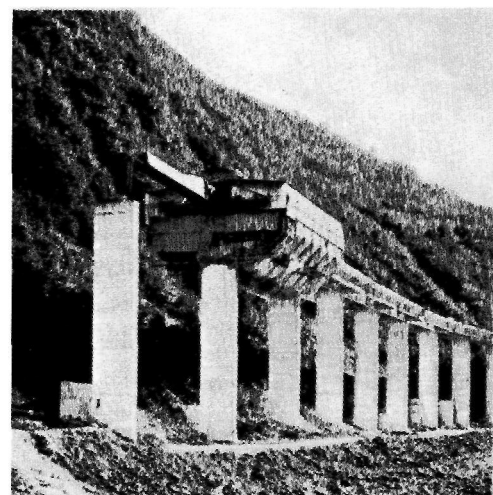
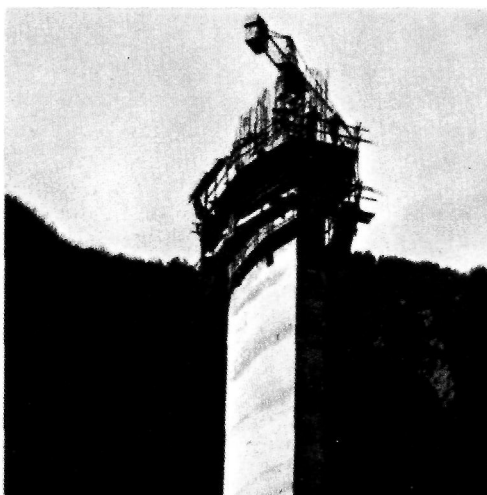
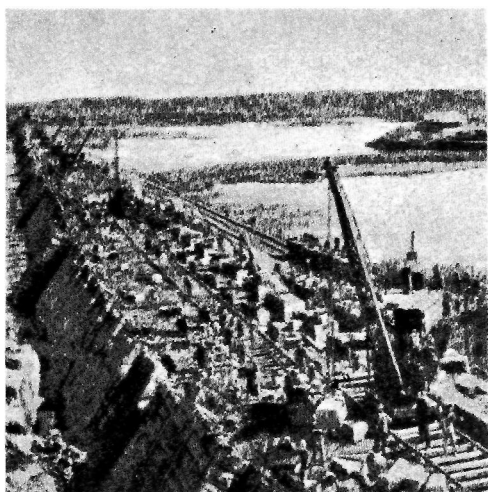
l, realizzazione di una scala a sbalzo con gradini in pietra; m, n, esecuzione dei tramezzi e degli intonaci; o, p, realizzazione dei solai in profilati di acciaio e tavelloni; q, i pavimentisti a lavoro; r, la posa in opera e l'aggiustaggio delle opere da falegname; s, le opere da pittore; t, l'installazione degli impianti.

a	b	c
d	e	h
f	g	

TAV. 25. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

Il cantiere attuale, nell'organizzazione più corrente, è basato principalmente sulla meccanizzazione, ma utilizza ancora in larga misura il lavoro manuale specializzato. Nel cantiere di oggi si adottano sia lavorazioni in opera sia elementi prefabbricati a pié d'opera o fuori opera.
In tal senso è esemplificativo il cantiere, qui illustrato, del Commonwealth Centre a Perth in Australia.

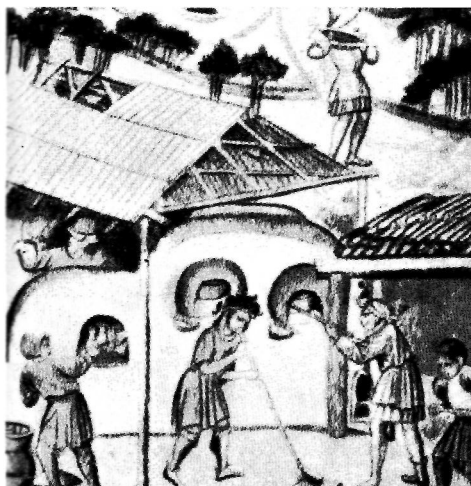
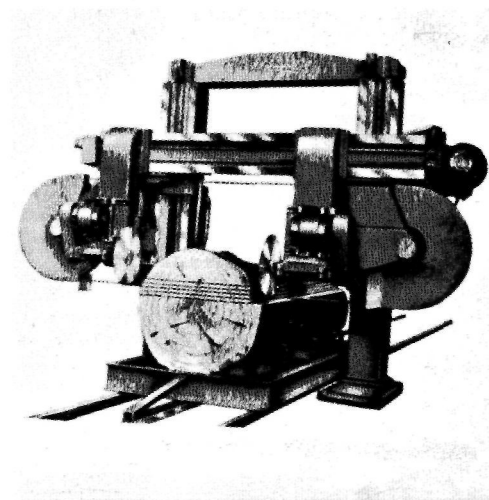
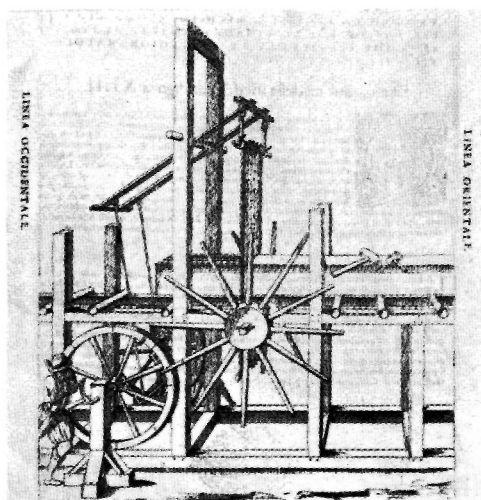
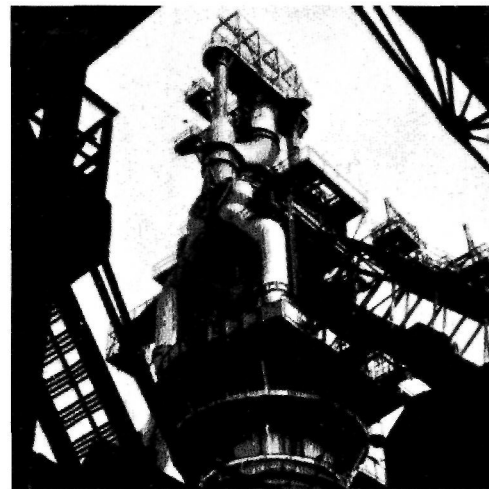
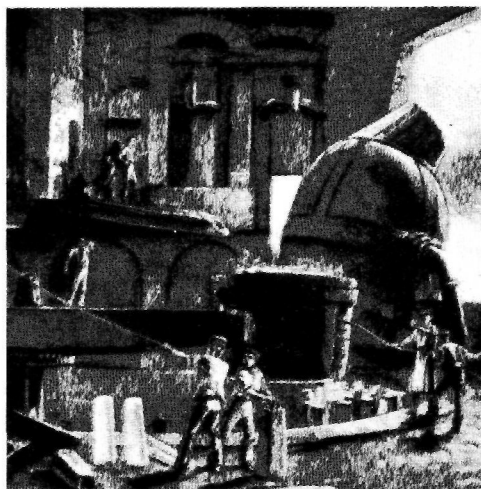
a, scavo di sbancamento e preparazione dell'area di sedime con mezzi meccanici; b, posa in opera delle armature delie fondazioni; c, realizzazione in opera dello scheletro portante in cemento armato; d, getto di calcestruzzo preconfezionato in centrali di betonaggio esterne al cantiere e trasportato mediante autobetoniere; e, sollevamento mediante grù; f, g, realizzazione delle chiusure verticali mediante pannelli prefabbricati in officina; h, la costruzione in via di ultimazione.

TAV. 26. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

Esempio di cantiere altamente meccanizzato, che applica un procedimento a **lift-slab,** è la realizzazione, con il sistema brevettato I.E.D., dell'edificio (240 appartamenti) per le missioni russe presso l'ONU a New York (archh. Skidmore, Owings & Merril).
I tempi di esecuzione di un piano completo sono: tre giorni per la costruzione «a terra»; un giorno per il posizionamento mediante sollevamento, con martinetti idraulici, lungo i due nuclei centrali degli elementi di comunicazione verticale e di servizio (realizzati in cemento armato con casseforme « marciami »).

a: 1, fondazioni dei nuclei centrali; 2, casseforme sollevabili per realizzare i nuclei centrali; 3, inizio del getto dei nuclei centrali; 4, predisposizione delle casseforme per il getto dei solai; 5, inizio della realizzazione «a terra» dei solai.
b: 6, a completamento dei nuclei centrali vengono tolte le relative casseforme; 7, predisposizione dei supporti e degli elementi per il sollevamento; 8, solai realizzati a terra; 9, sollevamento del piano di copertura.
e: 10, l'ultimo piano completo di courtain-walls viene posto sotto la chiusura orizzontale di copertura; 11, il piano sollevato è ancorato ai nuclei centrali; 12, il piano successivo è completato prima di essere sollevato; 13, completamento del solaio; 14, i materiali di finitura vengono predisposti sul piano; 15, chiusure verticali di un piano in fase di realizzazione.
d: 16, piano completo pronto per il sollevamento; 17, martinetti per sollevare il piano; 18, aste per il sollevamento; 19, le opere dì completamento interno avvengono in ciascun piano precedentemente sollevato e ancorato ai nuclei centrali; e, nuclei centrali di servizio ultimati; f, la copertura, il 20° e il 19° piano posti in opera; g, gli ultimi quattro piani posti in opera e un piano in sollevamento.

a	b
c	d / e
f	g

TAV. 27. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

Il settore delle imprese costruttrici di grandi opere infrastrutturali, che per primo è stato interessato dal processo di meccanizzazione, ha in questi anni introdotto procedimenti costruttivi per ridurre le lavorazioni manuali in opera ed abbreviare i tempi di esecuzione. Ponendo in raffronto le immagini della presente tavola si può rilevare l'elevato impiego di mano d'opera nei cantieri del passato rispetto a quelli attuali maggiormente meccanizzati.

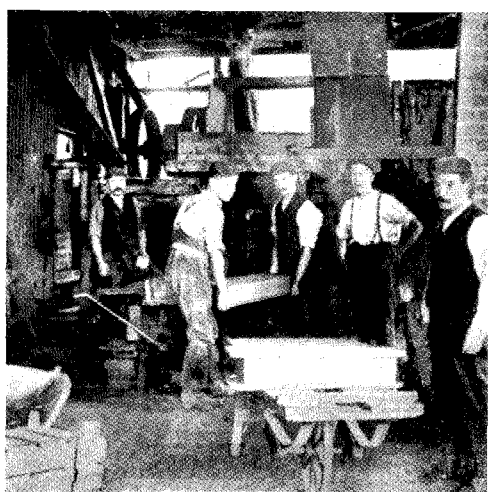
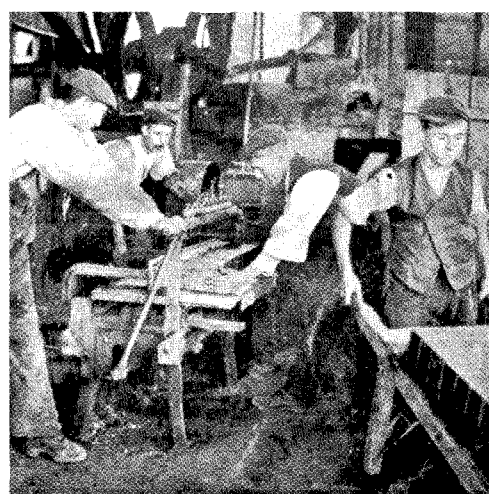
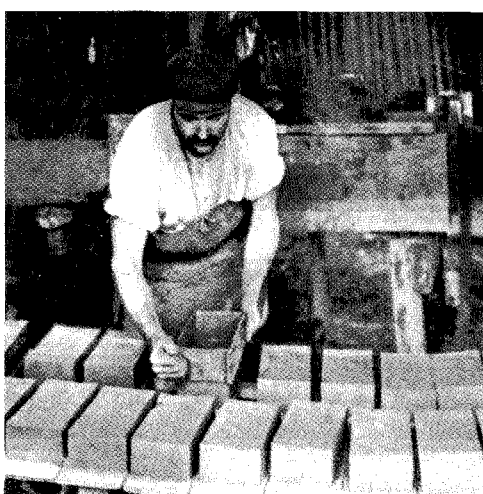
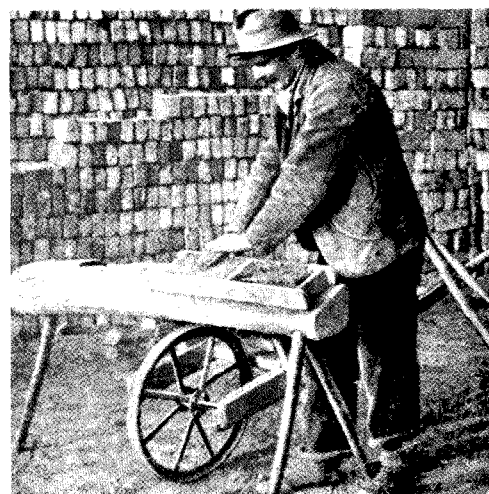
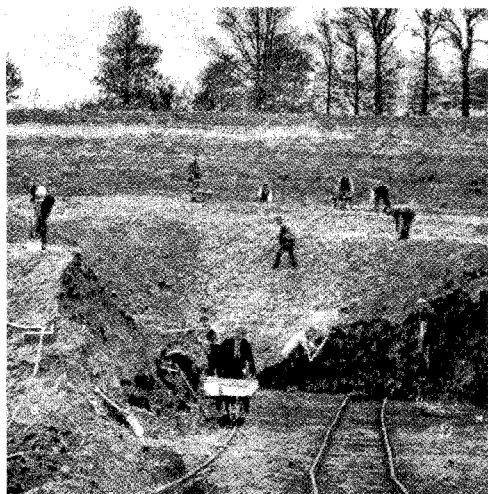
a, costruzione della diga di Assuan (1898-1902): b, diga della Val di Lei (1961), realizzata mediante cassaforme unificate e uso del devrick per i getti; e, costruzione di un ponte sulla strada di accesso al traforo del Sempione (1888-1906); d, viadotto autostradale: la pila gettata con cassaforme automontanti (1971); e, viadotto autostradale: la centina mobile impiegata per il getto (1971); f, manto stradale realizzato a mano con mattonelle di asfalto (1929); g, pavimentazione autostradale in calcestruzzo di cemento non armato (cm 24 di spessore) realizzata con impiego di macchine a cassaforme scorrevoli (1970).

TAV. 28. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

a	b	c
d	e	f
g	h	i

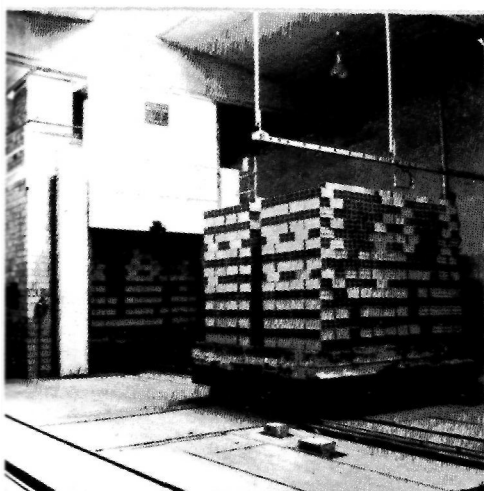
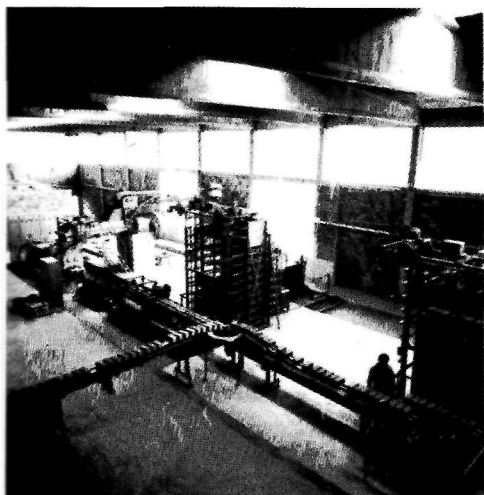
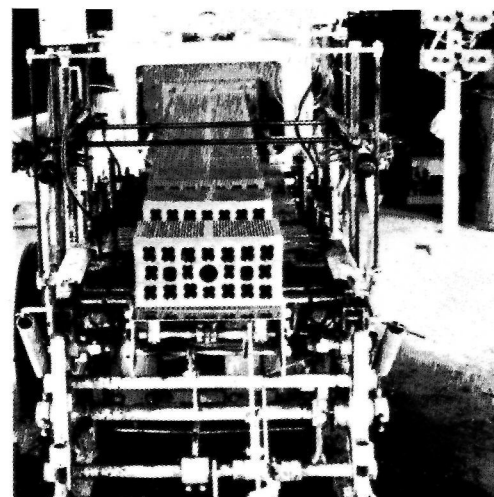
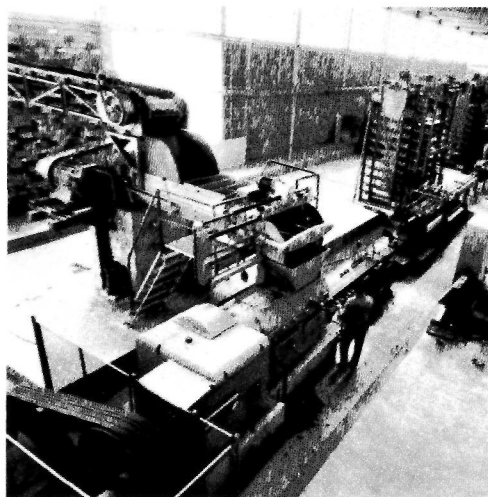
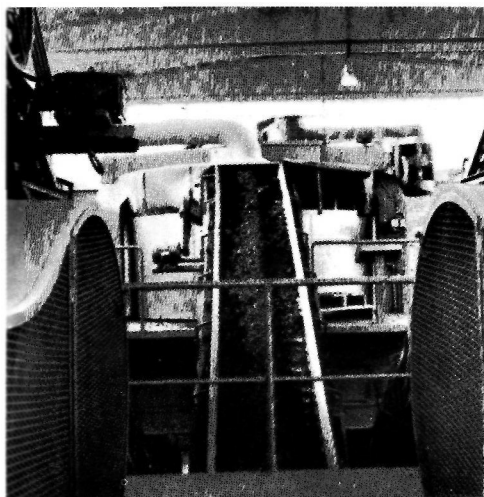
Sin dalla fine del XVIII secolo e in modo più incisivo dalla metà del 1800 il processo di industrializzazione ha innanzitutto coinvolto il settore che produceva e lavorava le materie prime impiegate nell'edilizia.
Basterà a tal fine ricordare:
il brevetto del **cemento di Parker** è del 1796 e sempre in questo secolo è introdotta negli U.S.A. la lavorazione unificata del legname; i procedimenti per la piegatura del legno risalgono al 1830; l'Inghilterra nel 1850 produceva industrialmente 3.000.000 di tonnellate di ghisa ed aveva quattro fabbriche per la produzione del **cemento Portland;** la produzione industriale dell'acciaio inizia nel 1856 mediante il sistema Bessemer e quella del cemento Portland artificiale risale al 1850.

Nella tavola si richiama l'attenzione visiva per quanto riguarda la lavorazione della ghisa, dell'acciaio, del legno e del vetro: dalla lavorazione artigianale dei metalli secondo George Bawer (De re metallica) (a) all'inizio della produzione industriale nel 1856 con il convertitore Bessemer (b), perfezionata nei 1864 con il processo Siemens-Martin, agli attuali altiforni (c) e alle colate con il moderno forno elettrico; dalla lavorazione manuale dei carpentieri medioevali (d) alla macchina ideata nel rinascimento (e), alle attuali macchine multiple per la lavorazione industriale del legname (f); dalle forme iniziali di lavorazione del vetro del X secolo (g) alla produzione di lastre per finestre da cilindri (h), alla moderna «laminatura» (i).

a	b	c
d	e	f
g	h	i

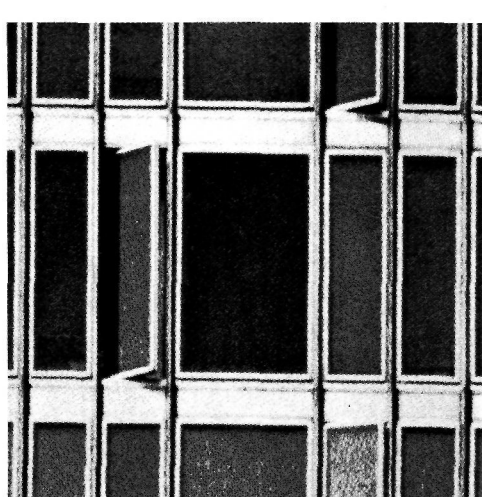
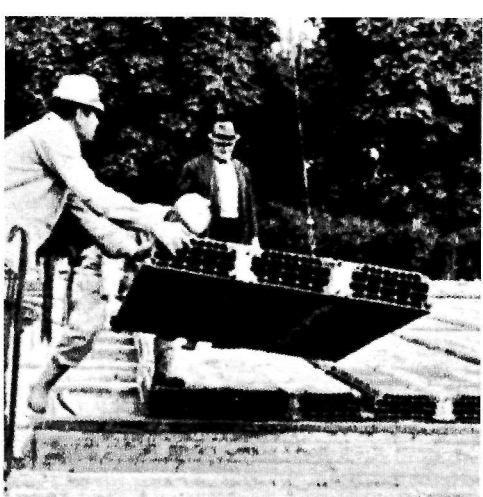
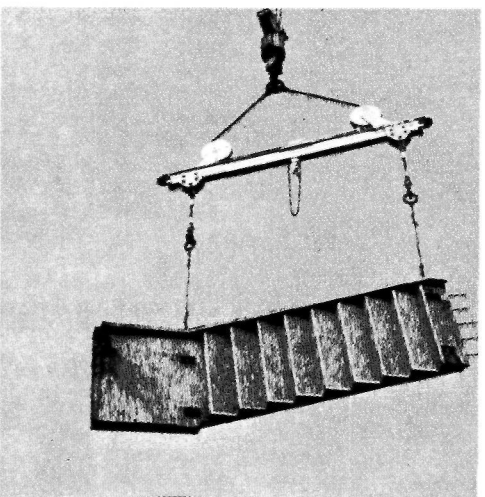
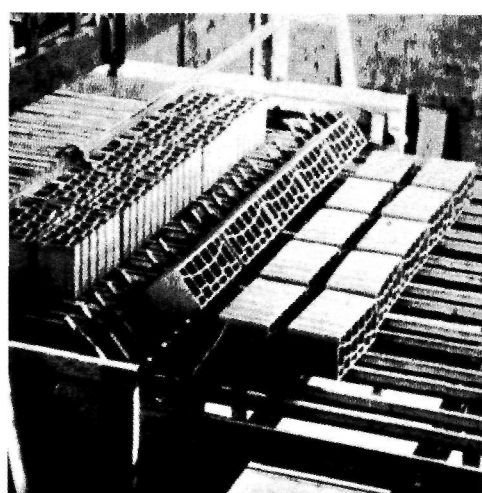
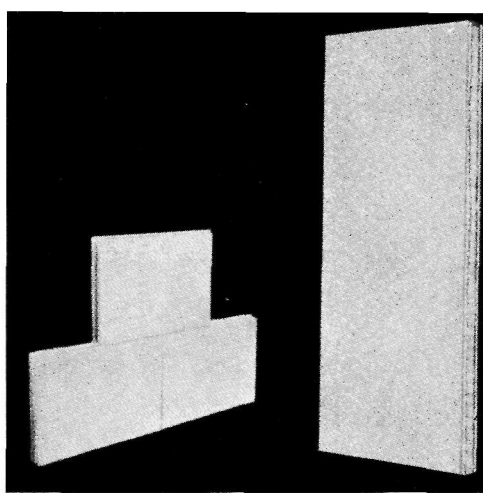
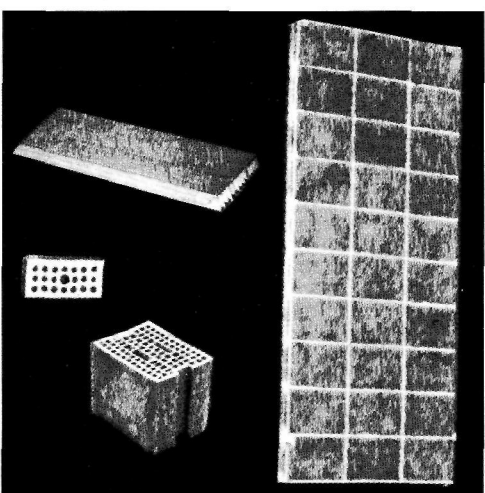
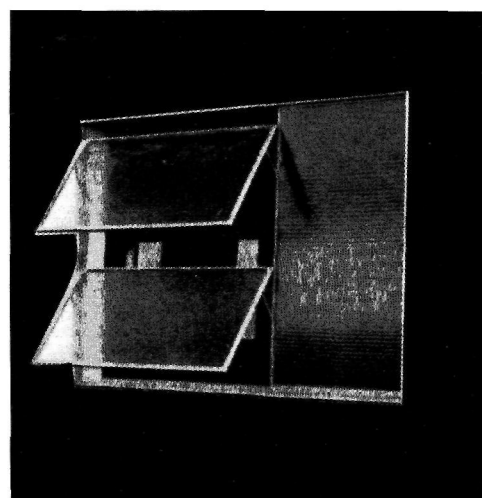
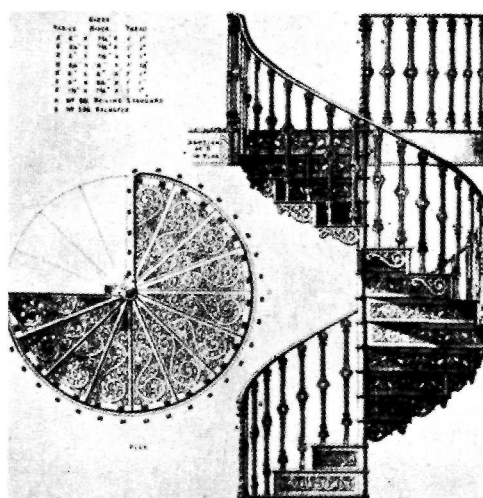
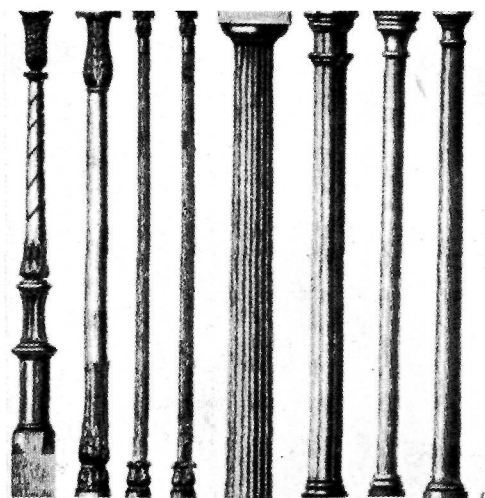
l

TAV. 29. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

Con le tavole 29 e 30 si vuole porre in evidenza la trasformazione profonda che hanno subito dall'inizio del secolo ad oggi le aziende produttrici di oggetti edilizi intermedi; nel caso specifico si pongono a raffronto una fornace per la produzione dei laterizi dei primi del '900 (Tav. 29) e un moderno impianto automatizzato dei nostri giorni (Tav. 30). Da notare che il ciclo di lavorazione resta analogo a quello applicato dagli antichi Egizi (e), specie per l'esempio dì Tav. 29 in cui, vi è, quale unica variante di notevole entità, il forno Hoffman per la cottura (introdotto dopo il 1850), senza per altro ridurre sensibilmente il lavoro degli uomini.

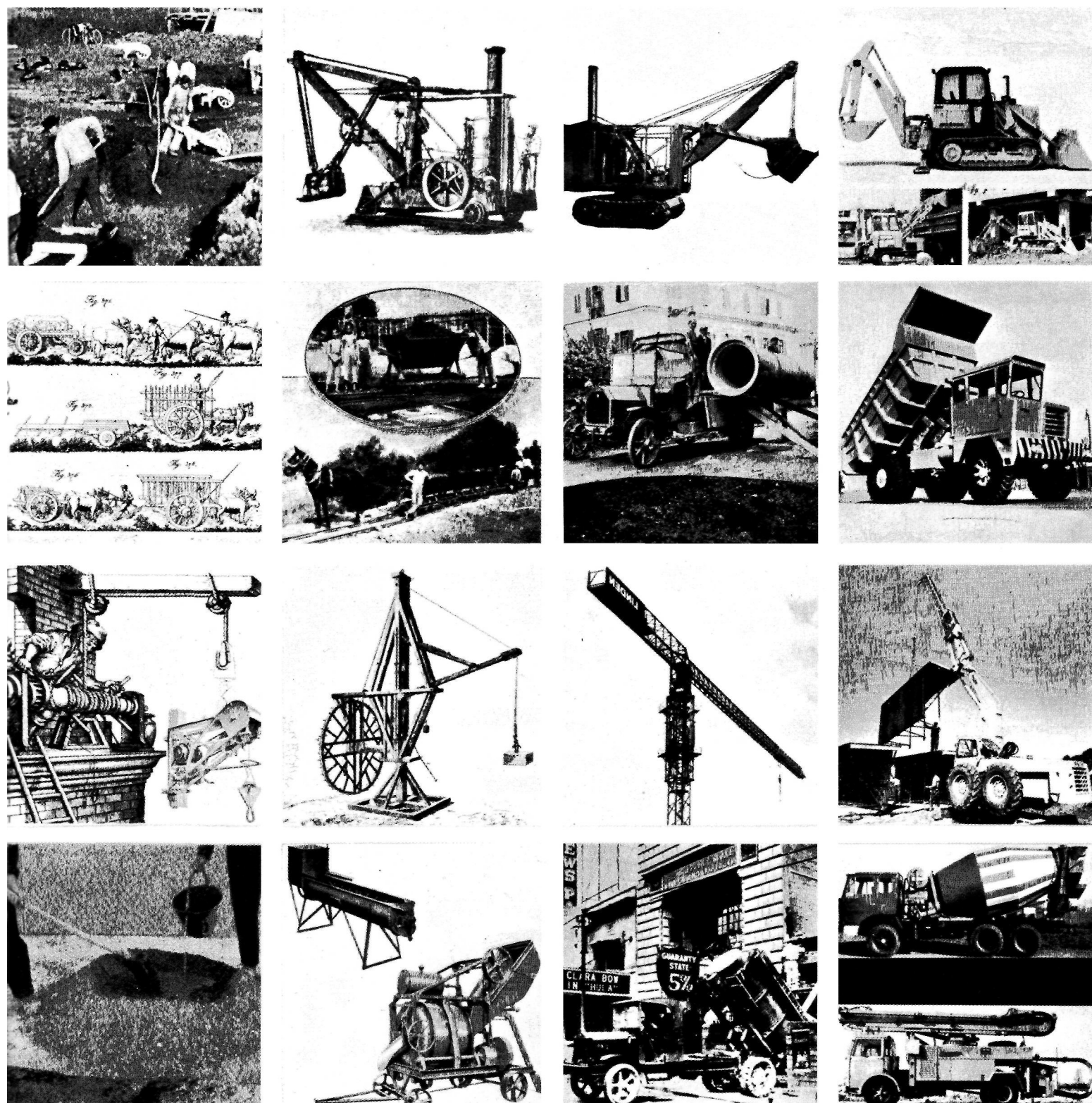
a, prelievo dell'argilla con scavo a mano e trasporto con « decauvilles » spinti a braccia; b, la fornace classica tipo Hoffman a legna; c, d, e, formatura a mano dei laterizi; f, g, prime macchine azionate a mano per la formatura di 10 mattoni contemporaneamente; h, trasporto a mano dei laterizi sotto tettoie per l'« asciugatura»; i, accatastamento a mano di 50.000 mattoni già asciugati al sole a formare una piramide tronca al centro della quale viene acceso un fuoco, mantenuto per molti giorni e molte notti, in modo da ottenere dei laterizi (procedimento antico, precedente all'introduzione dei forni Hoffman).
l, manifattura dei mattoni nel periodo egizio.

TAV. 30. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

Moderno impianto per la produzione di laterizi semipieni e forati. La meccanizzazione e l'automazione investe completamente il ciclo di lavorazione.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

a, la materia prima «-argilla» viene inviata alle impastatrici con nastri trasportatori; b, e, d, e, f, formatura e trafilatura dei laterizi semipieni; g, laterizi forati nei forni continui; h, i, i laterizi «pallettizzati» vengono posti nel camion per il trasporto in cantiere.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 31. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

Il processo di industrializzazione ha investito sin dai primi decenni dell'800 la produzione degli elementi costruttivi: ad esempio, dagli iniziali elementi in ghisa sostitutivi degli elementi tradizionali realizzati in opera, come colonne, scale e ringhiere (a, b da cataloghi di ditte inglesi dell'800) si è passati alla produzione industriale di profilati metallici per elementi portanti e di profilati ferro-finestra (c). Si è sviluppata altresì la tendenza, tuttoggi in atto, a sovradimensionare gli elementi costruttivi base fino a produrre elementi costruttivi funzionali come parti finite della costruzione: ad esempio, dalla produzione del tavellone ottocentesco per i solai in ferro si giunge ai conci laterizi semipieni sovradimensionati di questi ultimi decenni, ai pannelli facciata cementizi o latero-cementizi (d); dai conci sovradimensionati in gesso ai pannelli nello stesso materiale (e). Attraverso la costante evoluzione tecnologica, che si è avuta nell'arco di questi ultimi cento anni, si è passati dalla produzione industriale (sempre più automatizzata) degli elementi costruttivi base (ad esempio produzione di elementi laterizi, (f) alla produzione iterata in officina di elementi costruttivi funzionali (ad esempio scale, g; pannelli-solaio, h; o courtains-walls, i).

TAV. 32. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

a	b	c	d
e	f	g	h
i	l	m	n
o	p	q	r

L'invenzione della macchina a vapore, prima, dei motori a combustione interna, poi, e l'introduzione dell'uso dell'energia elettrica (1878) sono stati i fattori determinanti per la meccanizzazione del cantiere edile.

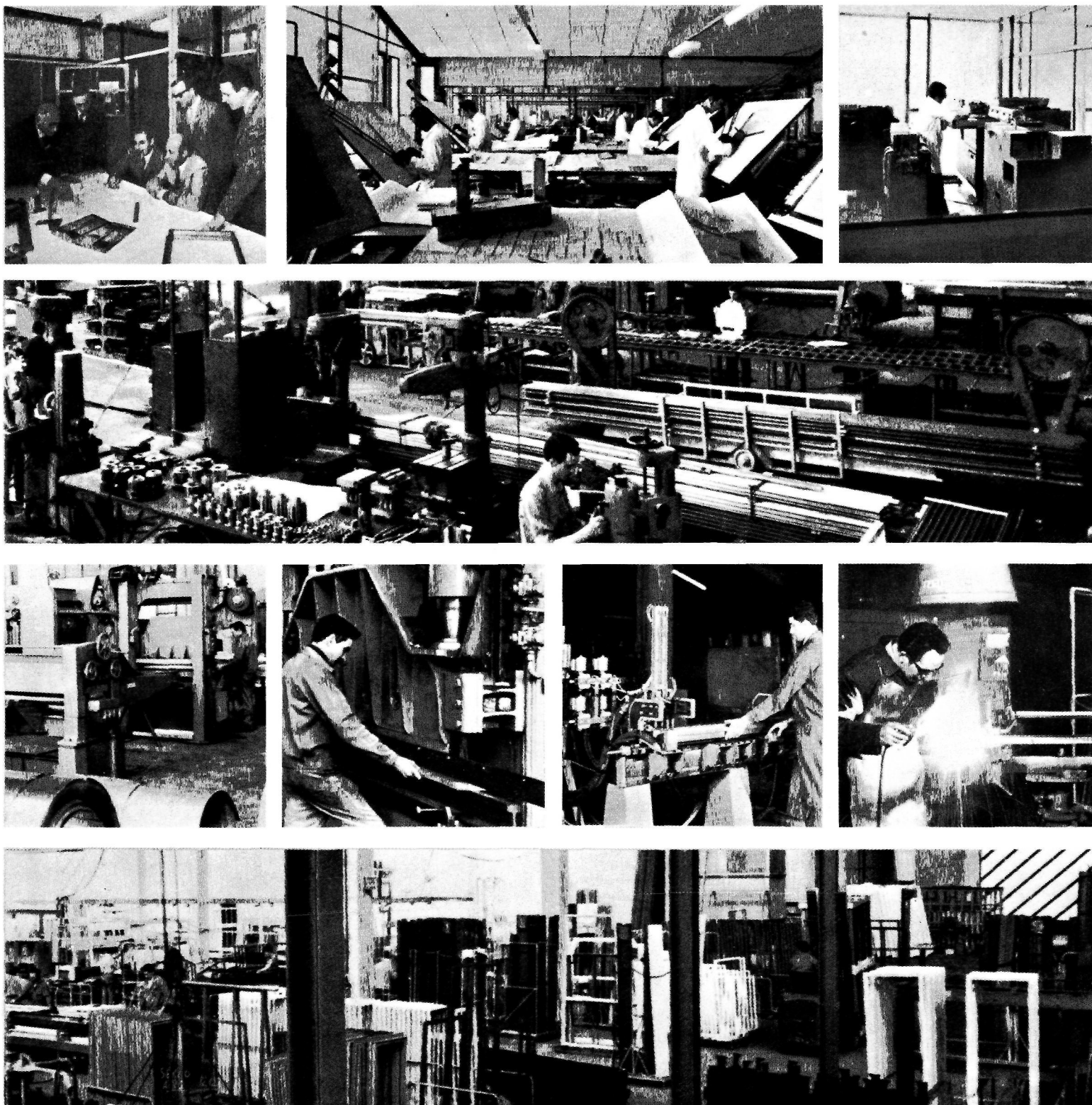
In questa tavola si vuole dare una visione sintetica del processo di meccanizzazione del cantiere edile per quanto concerne i movimenti di terra, il trasporto, il sollevamento e la preparazione degli impasti.

Movimenti di terra: dall'opera a mano dei «terrazzieri» (a), ai primi escavatori a vapore (b, 1834, U.S.A.; e, 1911, Europa), alle moderne pale meccaniche, ruspe, ecc. **(d).**

Il trasporto: dai lenti mezzi a trazione animale usati fino alla fine dell'Ottocento e oltre (e, da «istituzioni di architettura statica e idraulica» di N. Cavalieri San-Bartoio, 1831) ai «decouvilles » mossi a braccia o trainati da cavalli della fine dell'Ottocento (f), al 18 BL con trasmissione a catena degli anni 20 (g), fino ai moderni «dumpers» da 200 cavalli (h) di grande portata e manegevolezza.

Il **sollevamento:** dal verricello a mano, usato fino a pochi decenni fa, al tiro in alto con motore elettrico (i); dalla gru progettata dall'arch. J. B. Rondelet nel 1875 (l) alle gru su rotaia (m) e semoventi (n) di oggi.

La preparazione degli impasti: dall'impasto a mano (o) alle impastatrici a «truogolo» per malte, alla betoniera (p), introdotte con l'uso dell'energia elettrica; dalla prima autobetoniera degli anni '30 in U.S.A. (q) alle attuali autobetoniere e autopompe (r) per getti di calcestruzzi preconfezionati.

a	b	c
	d	

e	f	g	h
	i		

TAVV. 33-34. — L'INDUSTRIA EDILIZIA

Le moderne aziende produttrici di elementi costruttivi funzionali di serie non si limitano soltanto ad impostare il lavoro in officina secondo una programmazione prettamente industriale dei vari cicli operativi, ma nell'ambito della propria organizzazione affrontano la progettazione del prodotto secondo criteri di **industriai design.**

Pertanto l'organizzazione dell'azienda prevede anche un settore specifico per la progettazione, che, attraverso un'indagine di mercato e un'analisi sulla utilizzazione del prodotto, definisce le caratteristiche morfologiche e le capacità di prestazione dell'oggetto e comprende la messa a punto di uno o più prototipi, prima di iniziare la produzione vera e propria. Il sistema operativo è in genere formato da più cicli di lavorazione, che, mediante la lavorazione di materie prime e di materiali base con la eventuale produzione di elementi costruttivi base, danno luogo all'elemento costruttivo funzionale di serie completo in ogni sua parte pronto per la posa in opera. Considerato che pone in commercio un oggetto **finito.**

a, b, c, fasi di programmazione e progettazione; d, lavorazione profilati; e, f, spianatura, cesoiatura a bandelle e pressopiegatura; g, h, lavorazione telai interni ed esterni; i, lavorazione serramenti.

linea di cesoiatura

lavorazione telai interni

linea di spianatura
e cesoiatura a bandelle

pressopiegatura

lavorazione telai esterni

fosfatizzazione a caldo a immersione

mano di fondo a
immersione

verniciatura
automatica
elettrostatica

forno di essiccazione

linee di assemblaggio

tenuta acqua e aria

resistenza meccanica

resistenza all'usura

resistenza alla
corrosione

stoccaggio

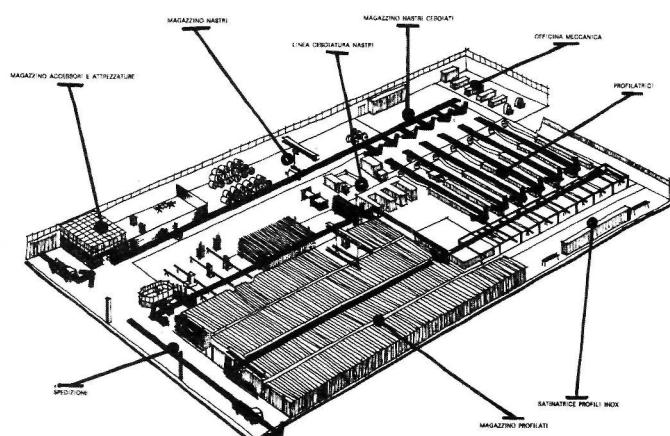
spedizione

laboratorio prove e collaudi

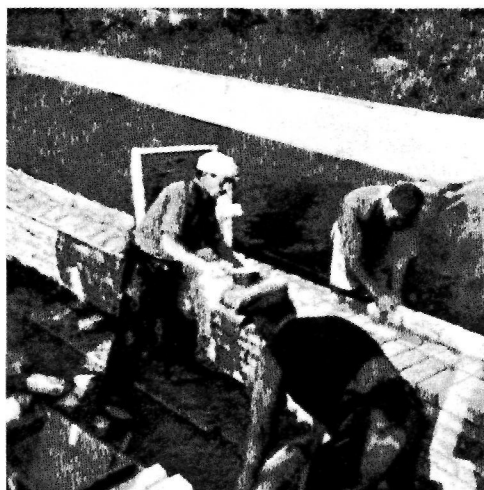
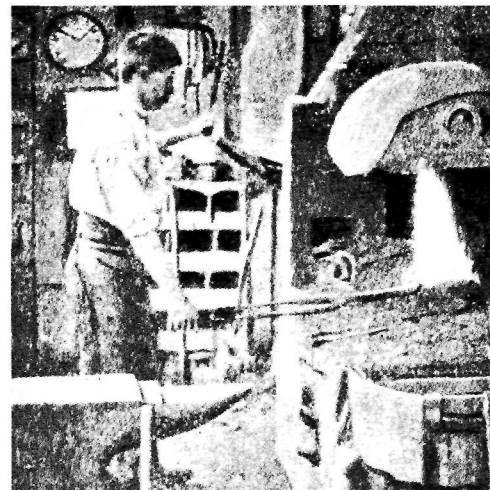
(segue}

l'industria deve garantirne le qualità e specificarne le modalità di impiego; a tal fine vengono effettuate prove di laboratorio e collaudi per campionatura durante la produzione e sono forniti dati certificanti la qualità del prodotto, nonché le istruzioni necessarie per il trasporto, la posa in opera e la manutenzione.
A titolo esemplificativo si illustra il ciclo operativo di un'azienda produttrice di **serramenti monoblocco,** cioè comprensivi di imbotte, soglia, veletta, cassonetto, avvolgibile e vetri,

l	m	n	o
p	q	r	s

l, fosfatazione a caldo per immersione; m, verniciatura automatica con forno di essiccazione; n, o, p, q, linea di montaggio compresi vetri e avvolgibili; r, magazzinaggio; s, laboratorio prove e collaudi.

Schema distributivo e linee di lavorazione

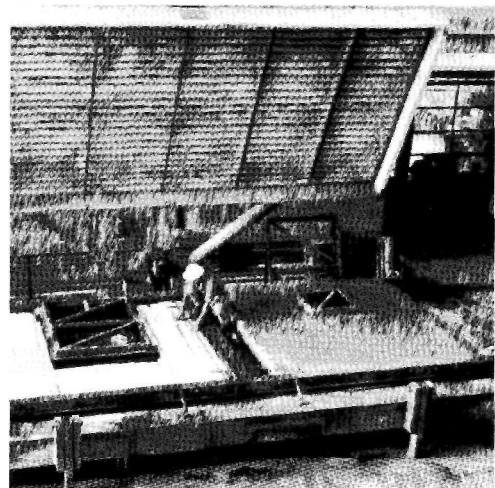
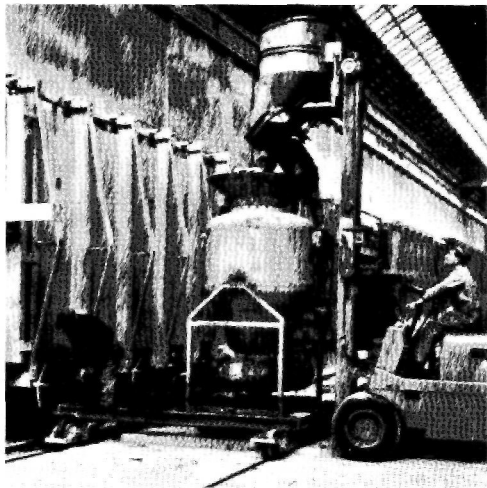
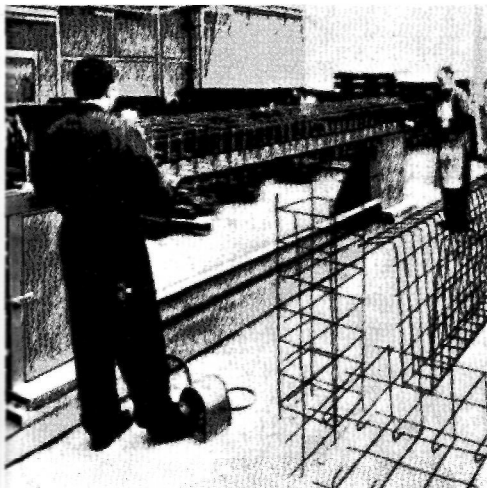
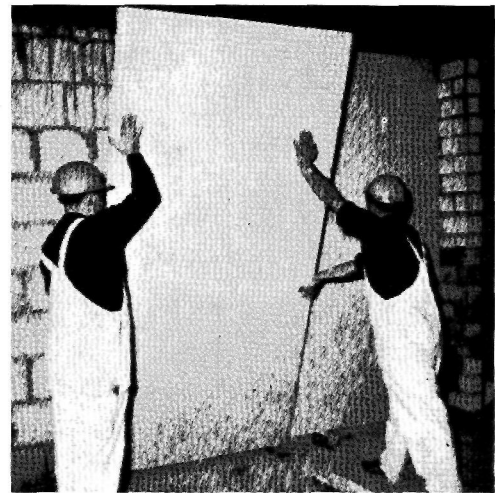
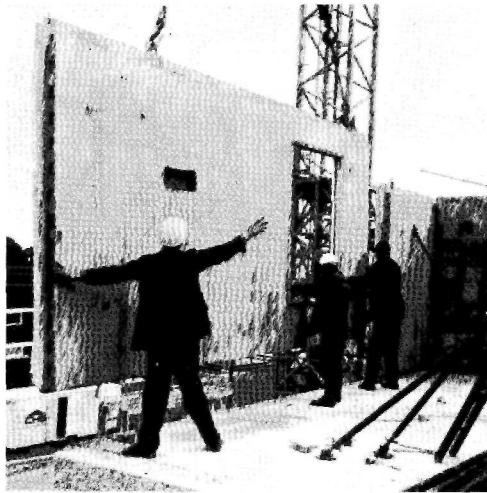
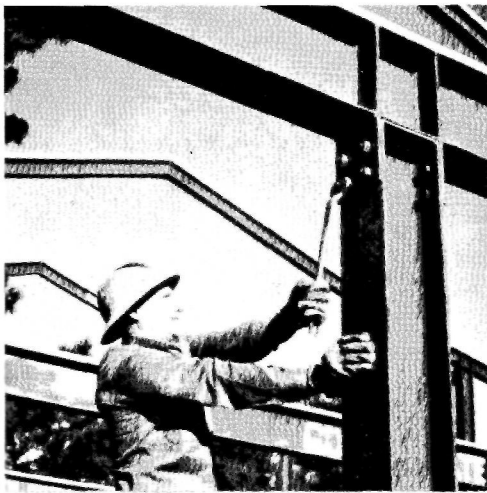
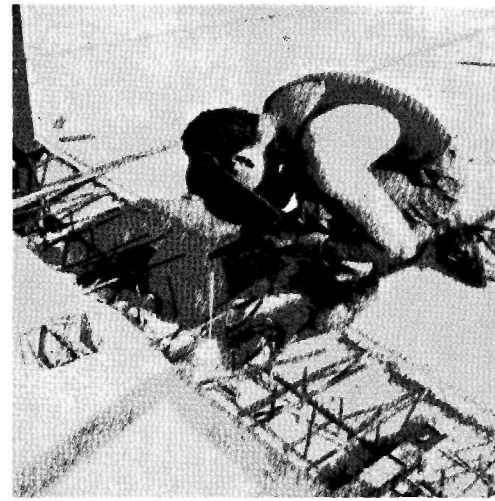
a	b	c
d	e	f
g	h	i

l

TAVV. 35-36. — LE MAESTRANZE

Sino a pochi decenni fa il lavoro delle maestranze nel cantiere edile non si discostava sostanzialmente da quello dei tempi passati; alla stagionalità del lavoro si accompagnava una grande fatica fisica, condizioni disagiate e scarsa sicurezza; il lavoro era prettamente manuale.

Tuttavia, anche in queste condizioni sfavorevoli, le maestranze operando in una sfera artigianale partecipavano in modo diretto alla realizzazione dell'opera edilizia, tanto da riconoscersi come artefici consapevoli dell'utilità e del significato della costruzione.

Se il processo di industrializzazione consente oggi di eliminare le condizioni disagiate e l'occupazione stagionale, d'altra parte esaltando la parcellizzazione delle competenze, e quindi del lavoro, può condurre alla dìsaffe-

Maestranze tradizionali:
a, le maestranze medioevali; b, il muratore fotografato da Sander; c, il terrazziere; d, g, l, i manovali; e, il selciatore; f, il forgiatore; h, i, i mastri muratori.

(segue)

zione e alla alienazione operativa (tipica del lavoro in fabbrica), nonché ad una emarginazione, sotto il profilo culturale, delle maestranze. Ad evitare ciò si debbono trovare, nel soddisfare le esigenze socio-economiche delle maestranze, quelle forme di lavoro che possano determinare, in senso artigianale, una maggiore consapevolezza e responsabilizzazione dell'operaio, affinché non perda l'identità di **costruttore.**
Attualmente, per garantire una costante occupazione e migliori condizioni di lavoro agli operai, si tende da una parte a meccanizzare al massimo il lavoro in cantiere e dall'altra a trasferire gran parte dei cicli di lavorazione in officina; tutto ciò ha comportato una riqualificazione delle maestranze tradizionali e ha creato nuove specializzazioni, come ad esempio i conduttori e manovratori dei mezzi meccanici, i prefabbricatori e i montatori.

Maestranze di oggi:
m, n, il cementista e l'intonacatore operano con mezzi meccanici; o, il saldatore in opera; p, q, r, i montatori di elementi predisposti in officina; s, t, u, i ferraioli e i cementisti operano in stabilimento; v, il manovratore di mezzi meccanici.

CAPITOLO TERZO IL MATERIALE E IL PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO

I MATERIALI

I materiali per l'edilizia sono praticamente tutti quelli che la natura può offrire direttamente e tutti quelli che l'uomo, sia artigianalmente che industrialmente, è stato e sarà capace di produrre artificialmente: in effetti qual'è il materiale che non può essere utilizzato per l'edilizia?

Persino l'aria viene utilizzata per rendere autoportanti gli organismi e gli elementi pneumatici; anche il ghiaccio diviene elemento costruttivo per gli eschimesi ed elemento determinante per particolari lavori di fondazione.

Ovviamente, si fa riferimento alle *materie prime* che l'edilizia può impiegare, da quelle naturali (come il legno, l'acqua, la pietra, l'argilla, la sabbia, ecc., vedi tavv. 62 - 63) a quelle artificiali (materie siderurgiche, resine sintetiche prodotti chimici, ecc.); tuttavia il termine «materiale» ha un significato più ampio e comprende, oltre alle materie prime e ai materiali base, anche tutti quei prodotti che il mercato artigianale e industriale offre come «pezzi» già predisposti per essere inseriti in uno o più procedimenti costruttivi, o per costituire parte «finita», da montare, di un'opera edilizia: il mattone, il blocco di pietra o in calcestruzzo alleggerito, i profilati metallici, le lastre di vetro, le « pezzature » di legname, le capriate, le travi e i pilastri prefabbricati, i serramenti, i pannelli-solaio, i blocchi funzionali per bagni, ecc., sono tutti annoverabili come «materiali» da costruzione reperibili sul mercato.

« Materiali » per l'edilizia sono quindi sia le materie prime e i materiali base, che hanno capacità potenziali per costruire, sia il « pezzo » a cui è stata conferita una capacità costruttiva, cioè l'oggetto edilizio intermedio di cui si è detto più volte in precedenza.

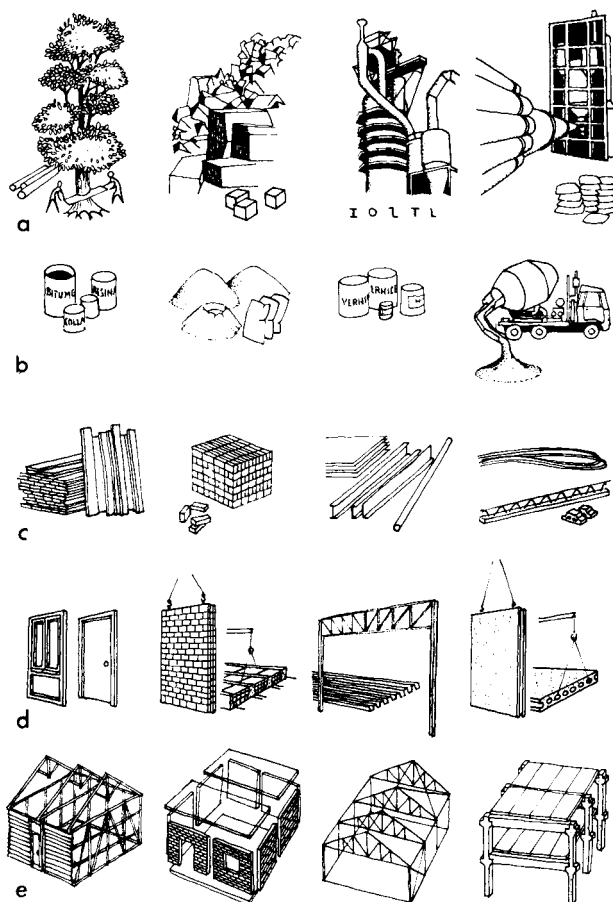
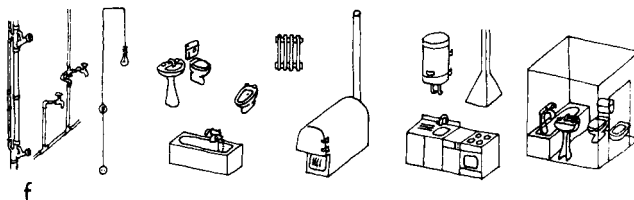



Fig. 91

I «materiali da costruzione» disponibili sul mercato: a) materie prime per l'edilizia; b) materiali base sciolti o preconfezionati; c) elementi costruttivi base preformati o preassemblati; d) e) elementi costruttivi funzionali ed elementi di fabbrica prefabbricati in officina (al limite l'intero organismo); f) gli elementi impiantistici.

Fig. 92.

Considerata la vasta gamma di prodotti che rientrano in tal modo nei «materiali» per l'edilizia, è necessario per giungere ad una loro distinzione in categorie omogenee procedere ad un'analisi sotto il profilo costruttivo dell'organismo edilizio.

IL MATERIALE
E L'APPARECCHIATURA COSTRUTTIVA

Da una «lettura» in chiave tecnico-costruttiva di un organismo edilizio, sia irripetibile che ripetibile, si può rilevare come la sua «struttura», intesa in senso globale, sia frutto anche di un sistema di relazioni che sta ad indicare il modo per materializzare «quella» forma e quindi il ruolo delle parti che lo costituiscono ai fini della *delimitazione e classificazione dello spazio costruito* (sia a livello di agibilità che di percezione), del *comfort ambientale,* della *sicurezza statica.*

Questo sistema di relazioni dà luogo all'*'apparecchiatura costruttiva,* che è l'organismo edilizio stesso analizzato sotto il profilo costruttivo (Vedi fig. 93 e Tav. 37).

L'apparecchiatura costruttiva, in quanto sistema, è costituita da un insieme di parti, «elementi di fabbrica», tra loro correlate e integrate.

Gli elementi di fabbrica.

Gli elementi di fabbrica hanno caratteristiche e attributi specifici di utilizzazione e collocazione, con le seguenti funzioni: delimitare e classificare lo spazio, assicurare condizioni di comfort, garantire la sicurezza statica.

Ai fini della delimitazione e classificazione tra spazio esterno e spazio interno si può distinguere un «involucro» che può assumere una forma «geometrica globale» (ad esempio: le cupole del Fuller, le apparecchiature pressostatiche e in genere tutti gli organismi costituiti soltantodavolte, ecc.) o unaforma «scatolare» (tutti gli edifici a forma parallelepipeda). Nel primo caso avremo un elemento di fabbrica che, senza soluzione di continuità, funge da chiusura e copertura, *[involucro globale* (vedi fig. 94 a); nel se-

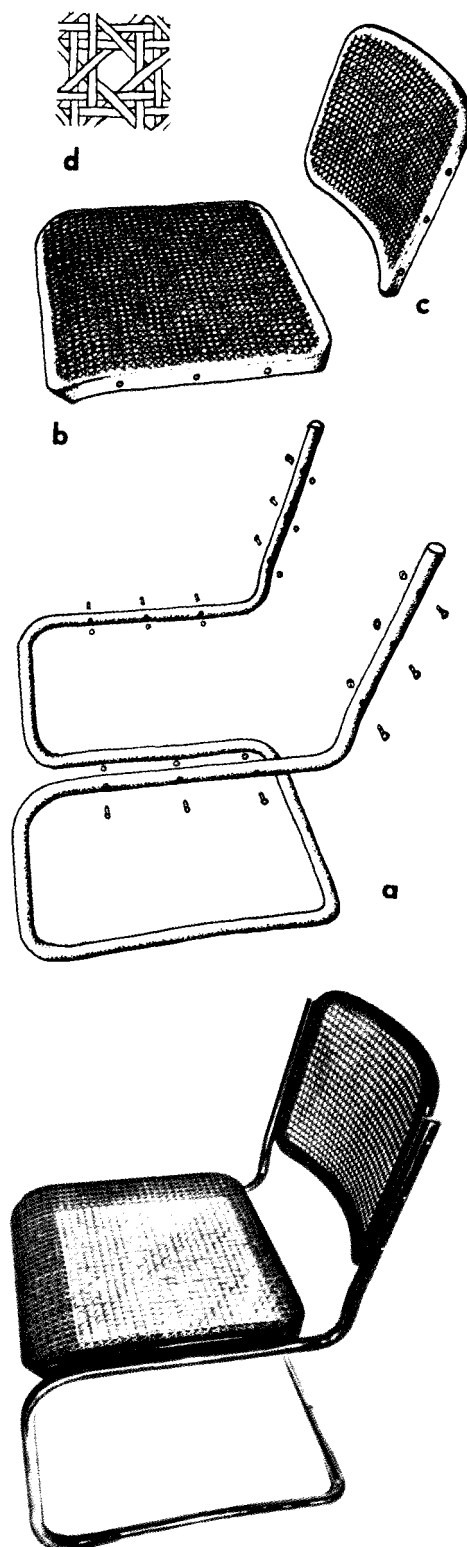



Fig. 93. Lettura schematica in chiave tecnico-costruttiva di una sedia di M. Breuer: a) scheletro portante in tubolare di acciaio, con connettori; b) c) telaio-sedile e telaio-spalliera in legno, supporti della «chiusura» in vimini; d) tipo di intreccio del vimini.

condo caso dovremo distinguere due elementi di fabbrica con collocazione e funzione ben distinte: le *chiusure verticali* e la chiusura *orizzontale di copertura* (vedi fig. 94 a^1).

Per la delimitazione tra spazio interno e il suolo edificatorio interviene un altro elemento: *la chiusura orizzontale di base,* come i vespai, i solai-intercapedine, ecc. (vedi fig. 94 b, b^1).

Ai fini della delimitazione e classificazione dello spazio interno avremo sul piano verticale le *partizioni interne* e sul piano orizzontale le *chiusure orizzontali intermedie* (vedi fig. 94 e, e^1).

Altro elemento di fabbrica con caratteristiche funzionali e morfologiche ben individuate ai fini dell'agibilità e del collegamento tra spazi a differenti livelli sono il «corpo-scale» e il «corpo-ascensore», cioè gli *elementi di comunicazione verticale* (vedi fig. 94 d, d^1).

Gli elementi di fabbrica sopracitati costituiscono in genere fasi ben- distinte, con propri cicli di lavorazione, della costruzione; qualora il procedimento costruttivo consenta la realizzazione in officina dell'involucro, globale o scatolare, compresa la chiusura orizzontale di base (escluse o meno le partizioni interne) si può definire un altro elemento di fabbrica: la *cellula spaziale,* che si presenta come entità volumetrica abitabile, blocco-ambiente (mono o poli ambiente) «finito» nei suoi attributi morfologici interni ed esterni. Le cellule spaziali possono dar luogo sia ad unità abitative isolate (ad esempio: abitazioni unifamiliari realizzate con «scocche» in plastica) sia ad aggregazioni multipiani (vedi fig. 95 a, b).

Gli elementi di fabbrica menzionati possono assolvere contemporaneamente alle funzioni relative al comfort ambientale e alla sicurezza statica dell'organismo (come è il caso di organismi con ossatura muraria); qualora non assolvano a questa ultima funzione ne consegue l'introduzione di un elemento di fabbrica ad hoc: lo *scheletro portante* (vedi figg. 94 f, f^1 - 95 a).

Per quanto concerne la delimitazione e la classificazione dello spazio, lo scheletro portante può essere considerato a livello di «trama» per dar luogo a forme globali o scatolari.

Infine occorre considerare un ulteriore elemento di fabbrica: i *blocchi funzionali* che sono essenzialmente dei contenitori per le canalizzazioni degli impianti o raggruppamenti di apparecchi (gruppo bagno, gruppo cucina, ecc.) o veri e propri blocchi-ambiente (blocco-bagno, blocco-cucina, ecc.); questi elementi

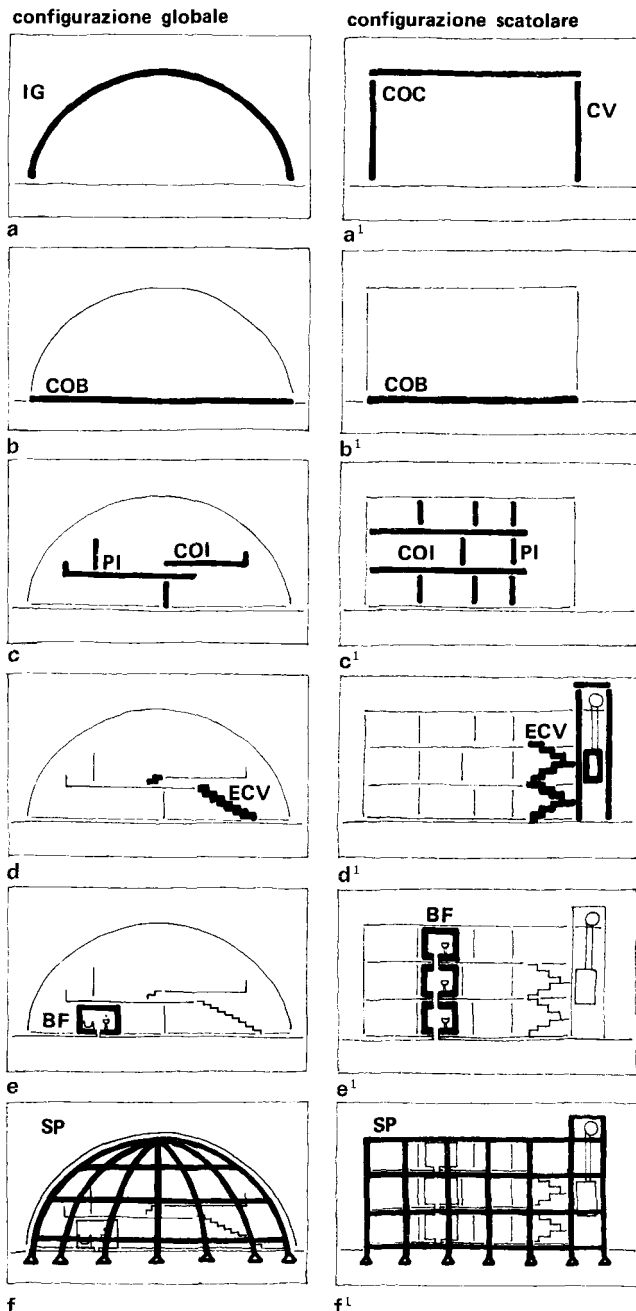
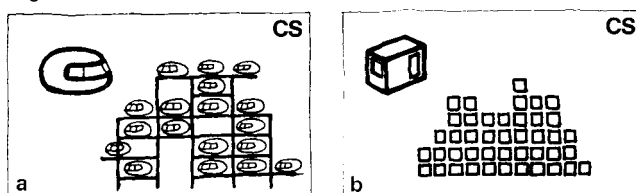



Fig. 94.

Gli elementi di fabbrica e il loro ruolo.

Fig. 95.

CS
CS
a
b

sono complementari, ai fini del comfort, agli altri elementi di fabbrica.

Riepilogando avremo i seguenti elementi di fabbrica:

IG INVOLUCRO GLOBALE:

autoportante	(fig. 96 A_1 - A_2)
portato da sostegni indipendenti	(fig. 96 G_2)

CV CHIUSURE VERTICALI:

pareti portanti (perimetrali)	(fig. 96 B_4)
tamponature	(fig. 96 B_2)
serramenti esterni	(fig. 96 B_1 - B_2)

CO CHIUSURE ORIZZONTALI (piane, inclinate, a volta):

di copertura	(fig. 96 C_4 - C_2 - C_3 - C_4)
intermedie	(fig. 96 C_5 - C_6 - C_7)
di base	(fig. 96 C_8 - C_9 - C_{10} - C_{11})

PI PARTIZIONI INTERNE:

pareti portanti (di spina e trasversali)	(fig. 96 D_4)
tramezzature (fisse, spostabili, mobili)	(fig. 96 D_2 - D_3)
pareti attrezzate (dì canalizzazione o arredo)	(fig. 96 D„)
serramenti interni	(fig. 96 D)

E C V ELEMENTI DI COMUNICAZIONE VERTICALE:

corpo scala	(fig. 96 E_1)
corpo ascensore	(fig. 96 E_2 - E_3)
scale mobili	(fig. 96 E_4)

BF BLOCCHI FUNZIONALI:

per canalizzazioni di impianti	(fig. 96 F_1)
di apparecchi per impianti	(fig. 96 F_2 - F_3 - F_4)

SP SCHELETRO PORTANTE:

per involucri scatolari	(fig. 96 G_4)
per involucri globali	(fig. 96 G_2)

CS CELLULE SPAZIALI (autoportanti):

portanti accatastabili	(fig. 96 H_2)
portate	(fig. 96 H_4)

Vedi anche le tavole da 38 a 51.

Gli elementi di fabbrica, pur nella loro complessità, possono essere oggetti edilizi intermedi posti in commercio, cioè risultare «materiale» da costruzione; basterà ricordare che sono in produzione, ad esempio, scheletri portanti prefabbricati per edifici industriali e agricoli, insiemi di pannell-facciata come i courtain-walls, involucri gonfiabili, ecc.

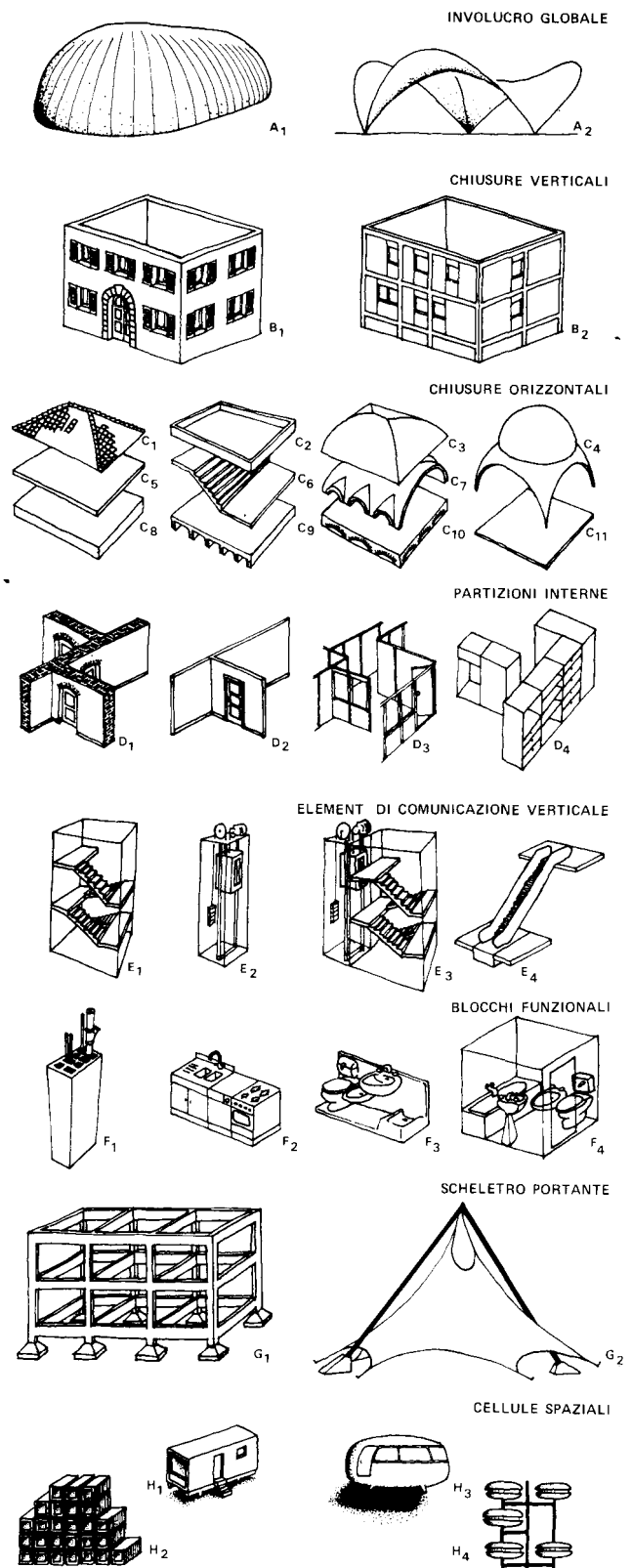



Fig. 96. Classificazione degli elementi di fabbrica.

Gli elementi costruttivi funzionali.

Gli elementi di fabbrica sono a loro volta formati, in genere, di più parti, tanto da costituire dei veri e propri sub-sistemi nell'ambito dell'apparecchiatura costruttiva; le parti costituenti gli elementi di fabbrica sono gli *elementi costruttivi funzionali.* Questi elementi sono detti funzionali proprio perché hanno, nell'ambito del sub-sistema (elemento di fabbrica) che li comprende, una collocazione ben determinata per definire lo «spazio costruito» e un ruolo preciso ai fini del comfort ambientale e/o della sicurezza statica, nonché ai fini della «costruibilità» dell'elemento di fabbrica. Ad esempio: in un sub-sistema chiusura verticale formato da pareti murarie portanti e serramenti, le prime sono elementi costruttivi funzionali con ruolo statico e di comfort, i secondi sono elementi costruttivi funzionali con ruolo di comfort e di agibilità visiva; analogamente un pilastro o una trave sono elementi costruttivi funzionali con ruolo esclusivamente statico del sub-sistema scheletro portante.

Sono quindi da considerare elementi costruttivi funzionali: l'architrave, l'arco, la volta, il solaio, la parete portante, il tramezzo, il serramento, ecc., nonché tutti gli elementi stratificati (come intonaci, manti protettivi, rivestimenti, ecc). Cioè sono elementi costruttivi funzionali tutti quegli elementi che, possedendo proprie caratteristiche morfologiche, appropriate capacità di prestazione e una ben individuata organizzazione interna ai fini della costruibilità, richiedono specifici costituenti ed implicano uno specifico ciclo di lavorazione per essere considerati «funzionali », almeno per uno dei ruoli sopraccennati. Ad esempio una parete in pietrame ha uno specifico ciclo di lavorazione a fini statico-costruttivi: posa in opera dei conci a filari sfalsati con creazione dei comenti di malta. Un intonaco è un elemento costruttivo funzionale stratificato (fino a giungere alla tinteggiatura) che ha una conformazione specifica e un proprio ciclo di lavorazione per essere considerato capace delle prestazioni di protezione e finitura.

L'elemento costruttivo funzionale può essere realizzato in opera, cioè si concretizza come entità « leggibile» soltanto nel contesto della costruzione dell'organismo edilizio, oppure può essere prefabbricato a pie d'opera o in officina (vedi Tavv. 52 - 53); in questo ultimo caso è da considerare «materiale da costruzione », poiché in qualità di oggetto edilizio intermedio viene posto in commercio (serramenti, pannelli-

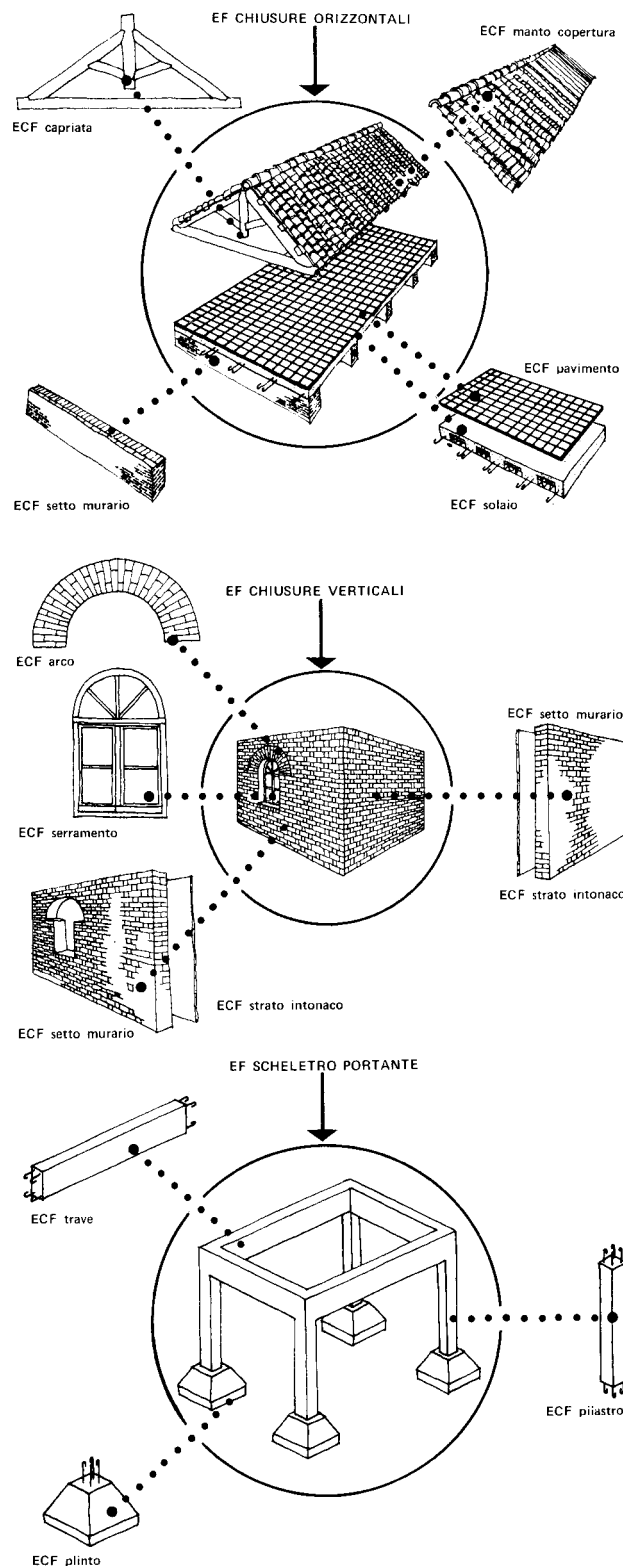



Fig. 97. L'elemento di fabbrica come insieme correlato di elementi costruttivi funzionali.

facciata, pannelli-solaio, pilastri e travi prefabbricati in acciaio, in cemento armato, in cemento armato precompresso, ecc.).

Qualora la produzione industriale consenta di realizzare in officina un oggetto edilizio intermedio che comprende in sé più elementi costruttivi funzionali, cioè esaurisce più cicli di lavorazione del cantiere tradizionale, tale oggetto si definisce «elemento costruttivo funzionale complesso» (pannello-facciata finito comprensivo di serramenti, infissi monoblocco, elementi comprensivi di impianti, ecc., vedi Tavv. 54 - 55).

Gli elementi costruttivi base.
I materiali base.

Gli elementi costruttivi funzionali, salvo casi particolari come un muro in getto di calcestruzzo ordinario non armato o un architrave monolitico, sono oggetti compositi, cioè formati da più parti aventi un ruolo specifico ai fini sia della costruibilità sia delle capacità prestazionali richieste all'elemento costruttivo funzionale stesso. Da qui scaturiscono gli *elementi costruttivi base* e i *materiali base* a seconda dell'organizzazione «interna» dell'elemento costruttivo funzionale da realizzare.

Gli *elementi costruttivi base* devono possedere attributi dimensionali, di forma, di accoppiabilità e di prestazione (resistenza, durata, caratteristiche fisico-tecniche, percettive, ecc.) specifici per consentire la realizzazione di elementi costruttivi funzionali (vedi Tavv. 56 - 57). In tal senso possono risultare: *monovalenti,* cioè capaci di realizzare soltanto uno o più tipi dello stesso elemento costruttivo funzionale (ad es. la pignatta da solaio, i profilati ferro-finestra, l'anta mobile di un serramento, ecc., vedi Tavv. 58 - 59); *polivalenti,* cioè capaci di realizzare uno o più tipi di elementi costruttivi funzionali appartenenti a diversi elementi di fabbrica (ad es: il mattone, le barre e i profilati di acciaio, i «segati» in legno, ecc., vedi Tavv. 58 - 59). Gli elementi costruttivi base vengono detti *preformati* se monopezzo (ad es: conci di pietra, laterizi, profilati nei vari materiali, lastre, ecc.) *e preassemblati* se compositi (ad es: il telaio di un serramento, un travetto a traliccio, ecc.). L'elemento costruttivo base preformato, in genere, è realizzato direttamente con materie prime o materiali base; il preassemblato è realizzato con preformati, unitamente o meno con

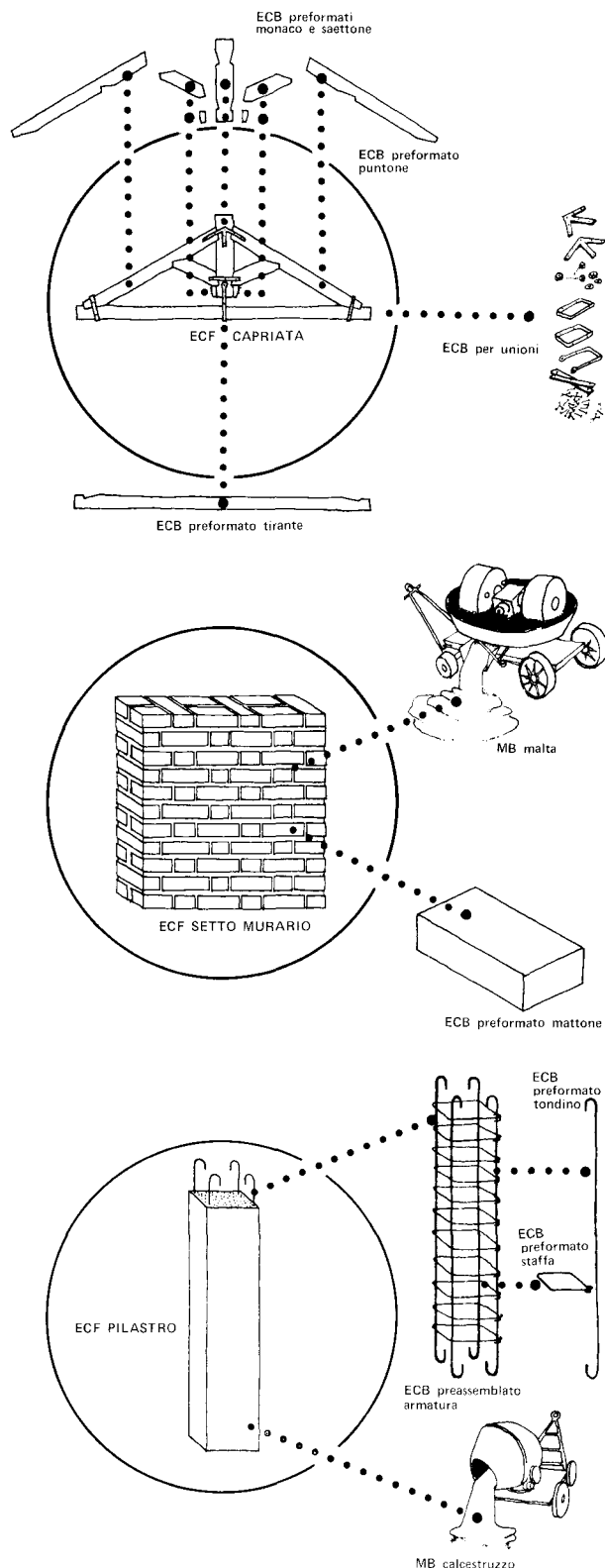



Fig. 98. L'elemento costruttivo funzionale come insieme correlato di elementi costruttivi base e di materiali base.

materiali base, e richiede sempre un ciclo di lavorazione specifico di assemblaggio.

I *materiali base* sono gli impasti, le miscele e similari, cioè possiedono solo attributi potenziali di forma (che si ottengono mediante formatura, spalmatura, ecc.) e capacità potenziali sia costruttive che prestazionali (che acquistano, ad esempio, solidificando dopo un periodo di stagionatura). Costituiscono sostanze (come i calcestruzzi, le malte, le vernici, i bitumi, le resine sintetiche, ecc.) in ogni caso preparate per un determinato ciclo di lavorazione, relativo ad uno o più elementi costruttivi (vedi Tav. 60).

Gli elementi costruttivi base e i materiali base sono i materiali da costruzione « classici » e possono essere prodotti sia a pié d'opera, manualmente e a macchina, sia fuori-opera, come i prodotti commerciali, con procedimenti artigianali o industrializzati. Ad esempio: i conci di pietra possono essere sbozzati e squadrati manualmente in cava o a pié d'opera; i laterizi sono ormai prodotti con lavorazioni industrializzate; gli impasti di calcestruzzo possono essere prodotti a pié d'opera (a mano e a macchina) oppure preconfezionati fuori opera da impianti industrializzati di betonaggio che producono per conto terzi; così pure le malte per intonaci possono essere preconfezionate e fornite in sacchi sigillati.

Gli elementi costruttivi base e i materiali base possono concorrere a conformare gli elementi costruttivi funzionali in diversi modi; infatti un elemento costruttivo funzionale può essere realizzato:
— con soli elementi costruttivi base preformati, come ad esempio un setto murario formato con pietrame a «secco», una trave a traliccio piana o spaziale costituita da aste e nodi a collegamento «meccanico», e, al limite, con un solo pezzo preformato come un pilastro in profilato HE;
— con soli elementi costruttivi base preassemblati, come ad esempio i serramenti che sono costituiti da controtelaio, telaio, ante mobili, cerniere, ecc., oppure le pareti attrezzate formate da elementi componibili;
— con soli materiali base, come ad esempio un setto murario in calcestruzzo non armato, gli strati di intonaco, i manti bituminosi, ecc.;
— mediante la combinazione di elementi costruttivi base preformati e preassemblati, come ad esempio un pannello di copertura formato da lastre ondulate collegate con giunto «meccanico» a travetti a traliccio;

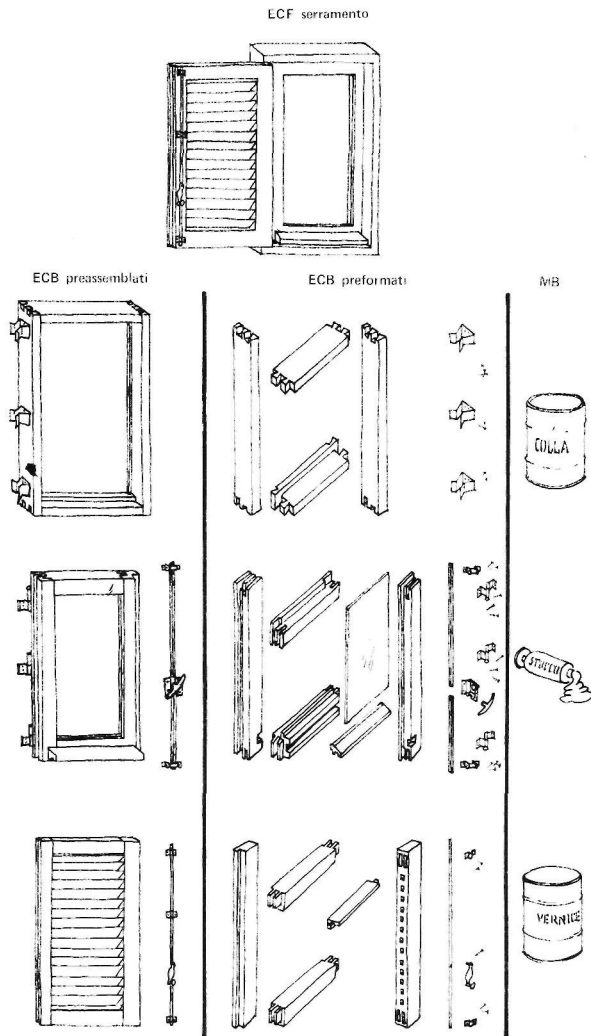
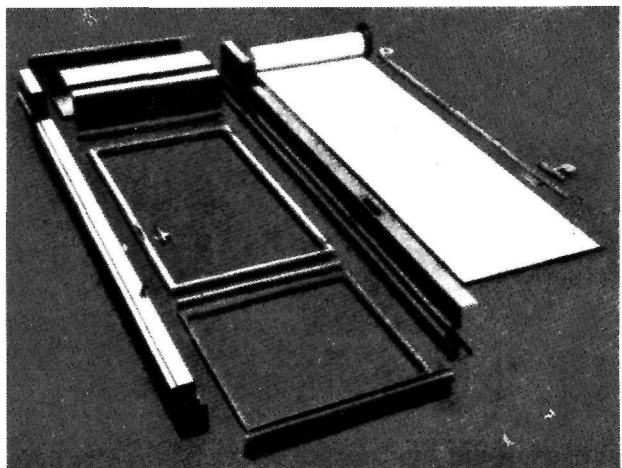



Fig. 99.

Esempio di analisi tecnico-costruttiva di un serramento (fig. 99); analisi rispondente sia a livello progettuale che a livello produttivo (fig. 100).

Fig. **100.**

— mediante la combinazione di elementi costruttivi base (preformati e/o preassemblati) e materiali base, come ad esempio un setto murario in conci e comenti di malta, un pilastro in calcestruzzo e armatura metallica, un portale in acciaio con ritti e traverso uniti da cordoni di saldatura.

Il componente edilizio.

Al termine « materiale da costruzione » può essere dato il significato di materia «indeterminata», «disponibile» a cui il processo progettuale conferirà una forma, una struttura globale; in questo senso gli elementi costruttivi funzionali acquistano un'entità concreta e tangibile solo nell'ambito di uno specifico organismo, ripetibile o irripetibile che sia. La sintesi che avviene nel processo progettuale li rende propri di quell'opera architettonica e di essa soltanto, cioè «componenti» in termini reali, architettonici, di un atto creativo e costruttivo.

Il componente edilizio quindi è l'elemento costruttivo funzionale che acquista una identità e una struttura nel legame indissolubile con l'opera che lo comprende e che esso stesso concorre a «formare» (vedifig. 101).

Se l'elemento costruttivo funzionale è frutto d'un processo metaprogettuale nell'ambito dell'edilizia industrializzata, si definisce *componente industrializzato.*

In questa ottica gli elementi costruttivi base e i materiali base costituiscono i *sub-componenti* nell'ambito di una specifica opera architettonica. Gli elementi di fabbrica e l'apparecchiatura costruttiva rappresentano, rispettivamente, i *sub-sistemi e* il *sistema* in cui si collocano, si realizzano e si identificano i componenti e i sub-componenti. (Vedi da Tav. 64 a Tav. 69).

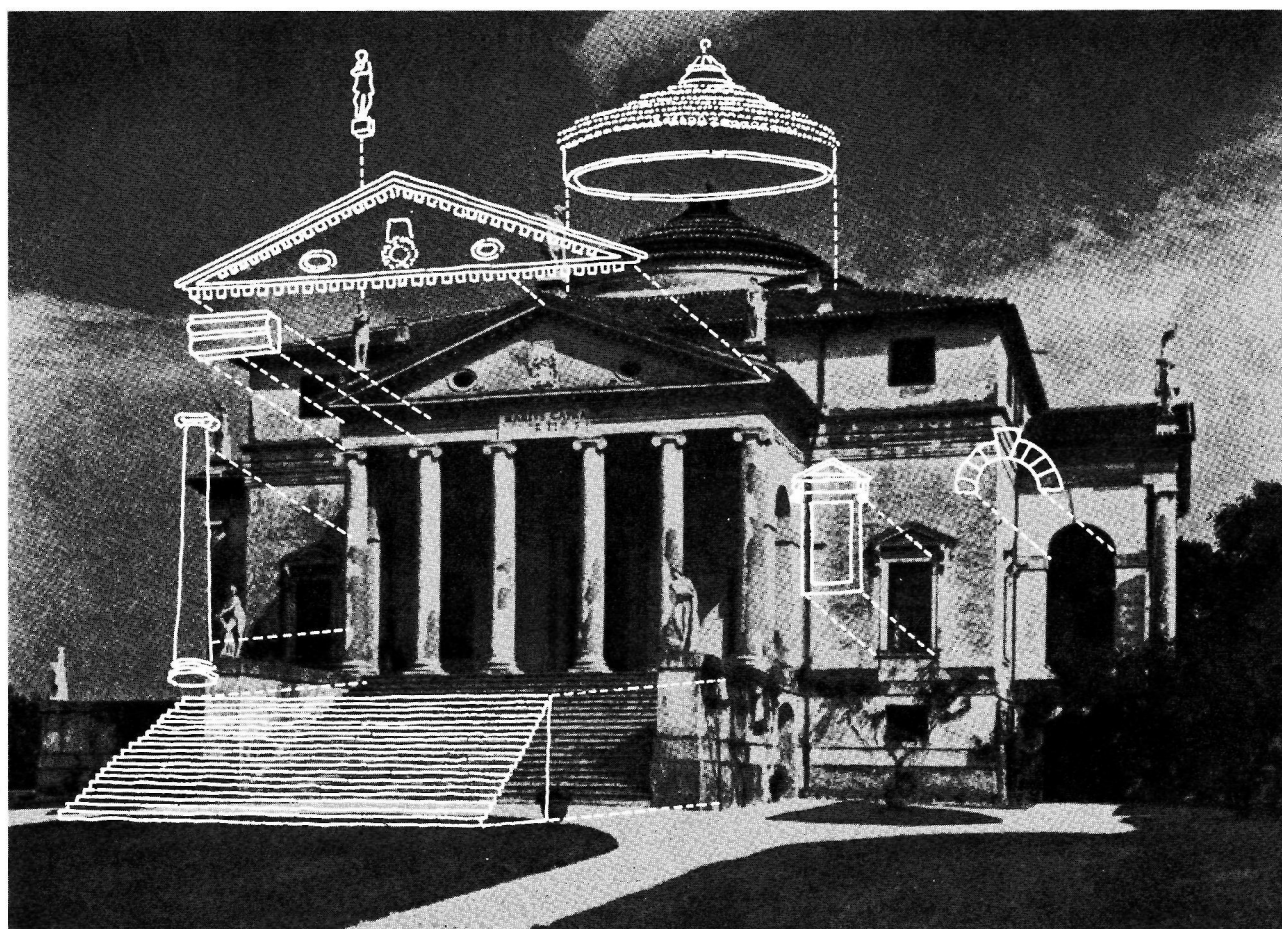



Fig. 101. «La Rotonda» del Palladio a Vicenza.

L'APPARECCHIATURA COSTRUTTIVA COME SISTEMA

L'apparecchiatura costruttiva, come si è già detto, rappresenta l'identificazione in un determinato organismo edilizio dell'insieme correlato di scelte a livello costruttivo avvenute nel momento progettuale: il *sistema costruttivo.*

Il definire l'apparecchiatura costruttiva nella azione-progetto significa quindi individuare «il modo di realizzazione» (la tecnica) di una determinata forma che abbia, come «spazio costruito», specifiche capacità di prestazione in rapporto: all*'agibilità,* alla *percezione,* al *comfort ambientale,* alla *sicurezza statica.* In tal senso ad ogni organismo edilizio (sia «ripetibile» che «irripetibile») corrisponde una ed una sola apparecchiatura costruttiva, cioè «quel» sistema, e non altri, che coerentemente si integra nella concezione spaziale che è la ragion d'essere dell'organismo stesso.

Ai materiali da costruzione individuati dall'analisi svolta sull'apparecchiatura costruttiva si possono ora aggiungere le materie prime, di cui si è detto all'inizio, e con le quali soltanto è possibile produrli.

Quanto detto può essere schematizzato come in figura 102.

Occorre infine contemplare il caso limite in cui l'intera apparecchiatura costruttiva è da considerare « materiale da costruzione»; è il caso, cioè, dell'intero organismo edilizio prefabbricato prodotto in serie e posto in commercio, tipico *deW'edilizia industrializzata,* come si dirà in seguito.

IL PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO

Per tradurre in termini reali l'apparecchiatura costruttiva, in sostanza l'oggetto, occorre determinare, sin dal momento progettuale, *// procedimento costruttivo, cioè l'insieme delle lavorazioni e delle operazioni necessarie alla costruzione in rapporto ai materiali impiegabili ed ai principi costruttivi adottati.*

Il procedimento costruttivo, anche se va sempre riferito alla realizzazione di uno specifico oggetto, poiché solo in tale realizzazione assume una propria e univoca connotazione, tuttavia può avere caratteristiche comuni o analoghe con procedimenti relativi ad altri oggetti edilizi. Ciò è facilmente riscontrabile esaminando procedimenti costruttivi di più opere edilizie in determinati momenti storici e/o in precisi contesti geografici e sociali.

I fattori caratterizzanti un qualsiasi procedimento costruttivo sono:

— *la lavorabilità dei materiali;*

— *la utilizzazione dei materiali ai fini della sicurezza statica e del comfort ambientale;*

— ; *materiali in rapporto alla percezione della forma;*

— *I modi e mezzi per attuarlo.*

Tutti questi fattori incidono in modo qualificante nell'azione-progetto, specie nell'interazione *configurazione^ conformazione* dell'oggetto, cioè tra ideazione della forma e fattibilità costruttiva.

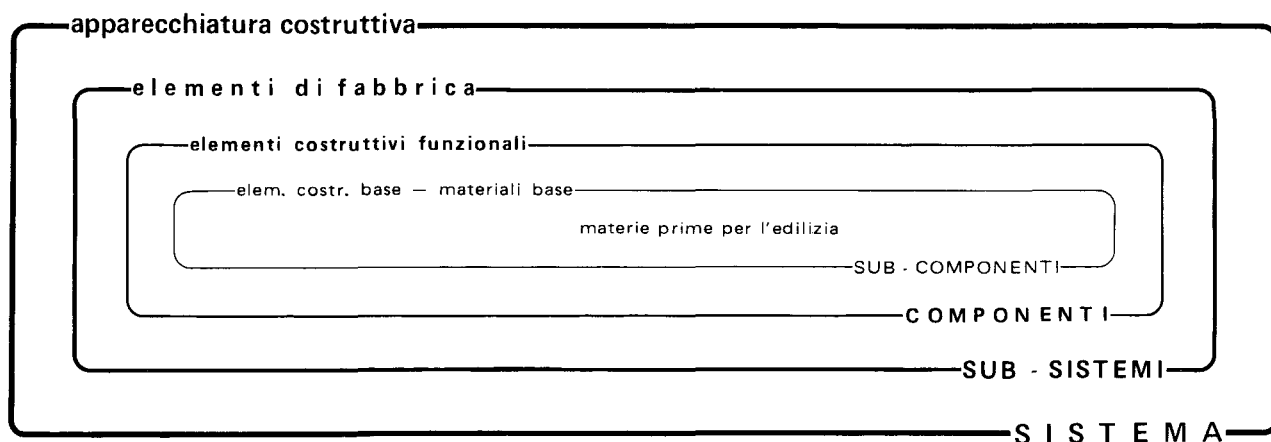



Fig. 102.

LA LAVORABILITÀ DEI MATERIALI

Nel momento progettuale è necessario individuare i «materiali» che hanno potenzialmente le capacità per «costruire» la forma ipotizzata. In sostanza per realizzare l'oggetto edilizio occorre individuare la lavorabilità «originale» del «materiale», cioè il *principio di lavorazione.* Schematicamente i principi di lavorazione possono essere: *elementari,* se finalizzati alla realizzazione di un monopezzo; *complessi,* se finalizzati alla costruzione di un oggetto composito.

I *principi elementari* sono:

— l'*asportazione,* cioè l'oggetto si ottiene sottraendo materiale da un «blocco» di maggiori dimensioni; tipiche in tal senso per la preparazione di elementi costruttivi base e funzionali sono le lavorazioni della pietra, del legname, del perspex, dell'acciaio. L'asportazione di materiale è una lavorazione applicata anche nel cantiere edile, ad esempio per la formazione di cavi di fondazione e la realizzazione di gallerie; si riscontra altresì in architetture primordiali, in templi come quelli rupestri egiziani e in insediamenti come Kaymakli in Turchia e Matmata in Tunisia. (Vedi Tav. 70).

— la *formatura,* cioè l'oggetto si ottiene con materiali suscettibili di acquistare la forma voluta mediante *modellatura diretta* (ad esempio: modellatura a mano dei materiali ceramici; piegatura a caldo o a freddo di tondini o di lamiere metalliche; la soffiatura libera del vetro; la formazione di intonaci per spalmatura) o *modellatura indiretta,* usando stampi, trafile, casseforme, ecc. Nella modellatura indiretta rientrano le seguenti lavorazioni: la formatura per colata, lo stampaggio meccanico, lo stampaggio per iniezione, la soffiatura in stampi, l'imbutitura, la estrusione, la profilatura, la laminatura, la formatura mediante getti, ecc. Una molteplicità di oggetti edilizi intermedi vengono realizzati con una delle modalità sopra indicate: ad esempio i profilati metallici e in materie plastiche, i laterizi forati, gli elementi ceramici, gli elementi in vetro, gli elementi a «guscio» in materie plastiche, ecc. In genere per la formatura si usano materiali fluidi o pastosi che solidificando assumono la forma oppure elementi solidi che assumono la forma per deformazione plastica a caldo o a freddo. Le opere in calcestruzzo armato, sia realizzate in cantiere che prefabbricate in officina, si basano sulla model-

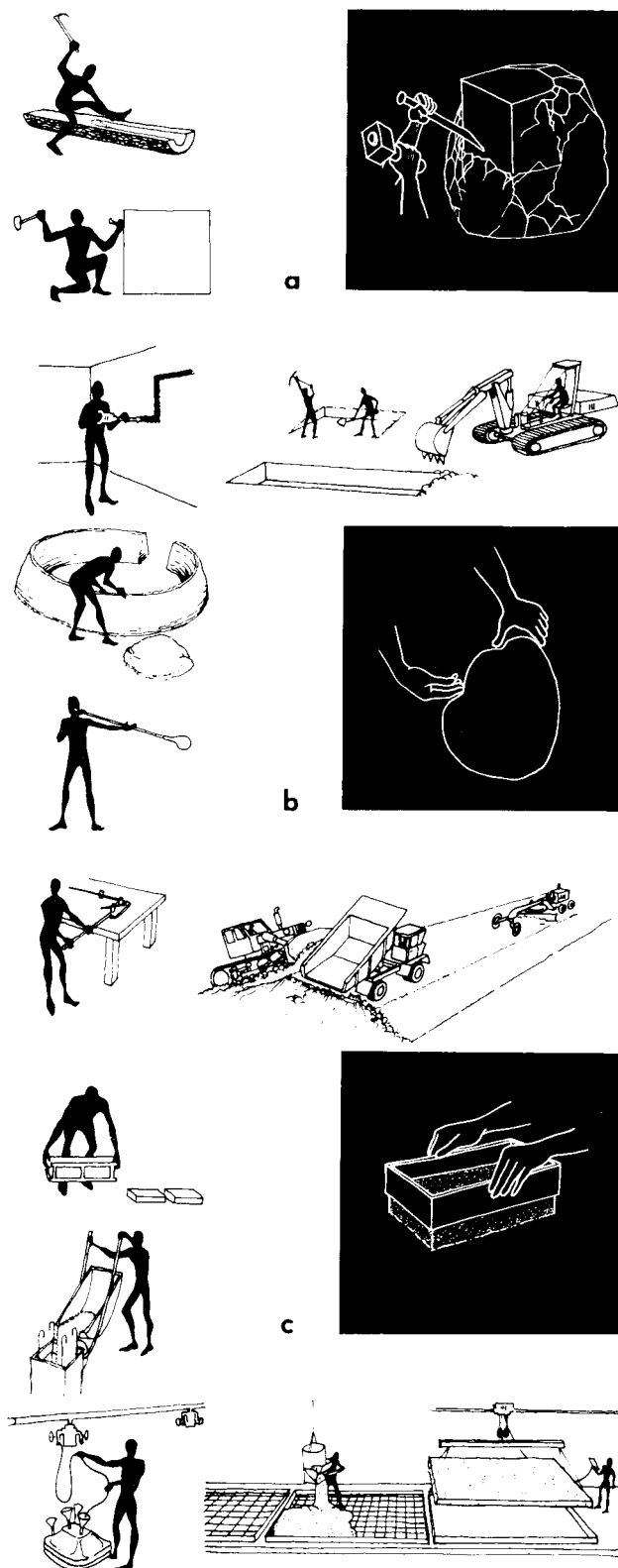



Fig. 103. Principi di lavorazione elementari: a) asportazione; b) modellatura diretta; c) modellatura indiretta.

lazione indiretta, cioè il getto del calcestruzzo nelle casseforme, e sulla modellazione diretta, cioè la piegatura manuale dei tondini in acciaio per le armature. (Vedi Tavv. 71 - 72).

I *principi di lavorazione complessi* sono:

— *l'addizione,* cioè l'oggetto composito è realizzato mediante sovrapposizione e giustapposizione di elementi tridimensionali (ad esempio: un muro o un arco costituito da conci in pietra o in laterizio, il trilite, ecc.), vedi Tav. 73;

— la *stratificazione,* cioè l'oggetto è composto da una successione di strati costituiti da soli elementi bidimensionali (ad esempio: compensati, pannelli sandwichs, ecc.) o da soli materiali base (ad esempio: intonaci, manti bituminosi, ecc.) o da ambedue (ad esempio: una chiusura orizzontale costituita da soletta + strato di allettamento + mattonelle), vedi Tav. 73;

— *[orditura e la tessitura,* cioè l'oggetto è formato con elementi lineari, che intrecciandosi, danno luogo alla forma voluta (ad esempio: una fune o cavo per ponti sospesi, le capanne di giunco o in materiali simili delle popolazioni primitive realizzate con la tecnica del cesto, ecc.) oppure è costituito da elementi sempre lineari ma che determinano un ordito mono o bidirezionale piano (ad esempio: griglie, cancellate, solai a travi semplici o incrociate) o spaziale (scheletri portanti in c.a., in acciaio, in legno); il principio della «tessitura» è implicito ad esempio nella impostazione sia dell'ossatura muraria formata da muri longitudinali e trasversali, sia nella disposizione dei solai rispetto all'ossatura portante. (Vedi Tav. 74).

Nella realizzazione di oggetti compositi occorre, ovviamente, studiare le modalità e i mezzi di unione. Si possono avere *unioni di forza,* per rendere solidali le parti, oppure *unioni di tenuta* (ai fluidi). Il collegamento più elementare è quello per sovrapposizione, che fa affidamento soltanto sull'attrito; la connessione vera e propria tra due o più pezzi può avvenire: per *legatura,* (fig. 105,*a*); per *aggraffaggio,* (fig. 105,*b*); per *incollatura esaldatura,* (fig. 105e,*f*); *per penetrazione* (fig. 105: infilaggio, *g;* innesto,*h*; infissione,/'; avvitamento, /;). Per quanto riguarda le unioni di tenuta, oltre ai modi sopra citati, se ne possono avere altri, come la *battentatura,* la *sigillatura,* la *stilatura,* ecc. (Vedi Tav. 75).

I principi di lavorazione, semplici o complessi, so-

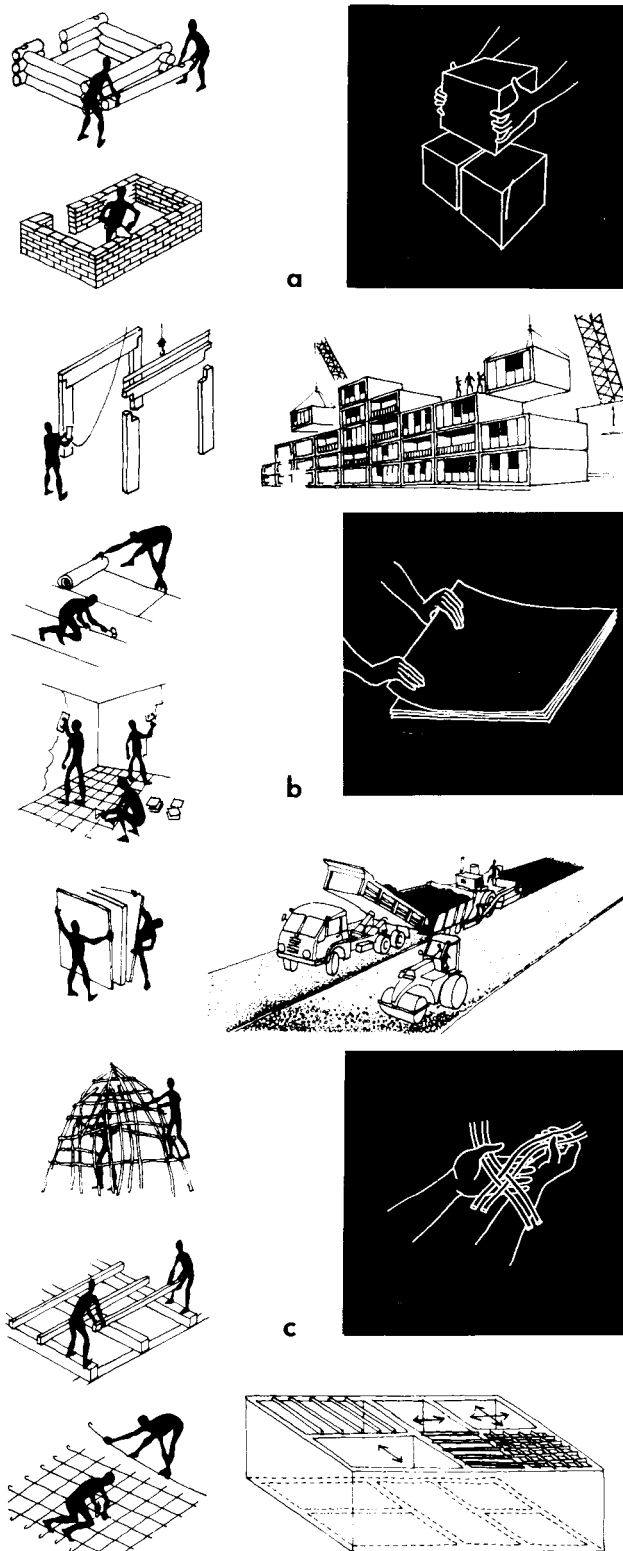



Fig. 104. Principi di lavorazione complessi: a) addizione; b) stratificazione; c) orditura e tessitura.

no rintracciabili, nelle varie possibilità combinatorie, in tutte le opere edilizie, sia nella loro globalità sia nei componenti, dagli elementi costruttivi base agli elementi costruttivi funzionali, agli elementi di fabbrica; essi assumono un particolare significato soprattutto nell'ambito del processo progettuale, come momento conoscitivo relativo alla fattibilità costruttiva, sia a livello di oggetto finale che di oggetto edilizio intermedio.

Se alcune lavorazioni sopraindicate possono sembrare estranee ai cicli di lavorazione tipici del cantiere edile, occorre ricordare che oggi la progettazione edilizia è anche rivolta alla produzione di elementi costruttivi, specie quelli industrializzati, che richiedono tali lavorazioni.

Fig. 105. Unioni: a) legatura; b) aggraffaggio; c) d) incollatura e saldatura; e) f) ammaraggio; g) h) i) l) penetrazione.

L'UTILIZZAZIONE DEI MATERIALI AI FINI DELLA SICUREZZA STATICA E DEL COMFORT AMBIENTALE.

Nell'azione-progetto, in rapporto alle esigenze di agibilità e percettive, si individua la conformazione dell'oggetto che garantisca la sicurezza statica ed il comfort ambientale; a tal fine si scelgono « materiali », con capacità appropriate di resistenza e fisico-tecniche, tra loro compatibili ai fini della fattibilità costruttiva. In sostanza occorre definire i principi che improntano il procedimento costruttivo. Avremo così *principi costruttivi* sia riferiti alla sicurezza statica sia al comfort ambientale; naturalmente, come vedremo, gli uni sono complementari agli altri ai fini delle scelte progettuali.

Il procedimento costruttivo e la sicurezza statica.

In questa sede si fa riferimento specifico, più che al momento progettuale di verifica e calcolo dell'impianto costruttivo (per i quali si rimanda ai principi e ai

procedimenti propri della scienza e della tecnica delle costruzioni), al procedimento costruttivo come atto operativo, al limite come fatto intuitivo e gestuale, per realizzare un oggetto capace di sopportare le sollecitazioni cui si ipotizza verrà sottoposto (comportamento ai fini della stabilità e alle deformazioni).

Principi elementari.

Innanzitutto, considerando quali capacità di resistenza dei materiali base e degli elementi costruttivi si intendono sfruttare, è possibile individuare i *principi elementari* che incidono sul procedimento costruttivo.

È noto come il principio di sfruttare esclusivamente le capacità di resistenza a compressione caratterizzi globalmente il procedimento costruttivo murario a volta, sia per quanto concerne l'intera apparecchiatura costruttiva sia i singoli elementi costruttivi portanti dell'organismo; analogamente il principio della resistenza a trazione ha posto in essere, ad esempio, i procedimenti costruttivi basati sui cavi tesi; ancora il principio di utilizzare le capacità di resistenza a flessione e taglio ha determinato i procedimenti costruttivi basati su di uno scheletro in legno, in acciaio e in c.a.; infine per fare una ulteriore esemplificazione significativa, il principio di utilizzare al tempo stesso elementi costruttivi base resistenti principalmente a «compressione» e altri a «trazione» caratterizza il procedimento costruttivo sia delle travi reticolari piane o spaziali in legno o in acciaio sia di scheletri portanti spaziali (ad esempio gli organismi realizzati dal Füller).

È il caso di sottolineare come tali principi vengano denominati elementari proprio perché hanno caratterizzato, come è facile constatare, i procedimenti costruttivi sin dai primordi della civiltà; a ciascun principio esemplificato si può collegare un'immagine: il nuraghe, i ponti sospesi in liane intrecciate, le costruzioni primitive in legno. (Vedi Tav. 76).

D'altra parte, considerando ad esempio il procedimento costruttivo relativamente recente che si basa sul principio di utilizzare un «materiale base», il calcestruzzo, per resistere a «compressione» unitamente ad un «elemento costruttivo base», il tondino di acciaio, per resistere a «trazione», tipico delle opere in c.a., risulta evidente che vengono detti principi elementari anche perché pongono in relazione diretta i materiali base e gli elementi costruttivi base

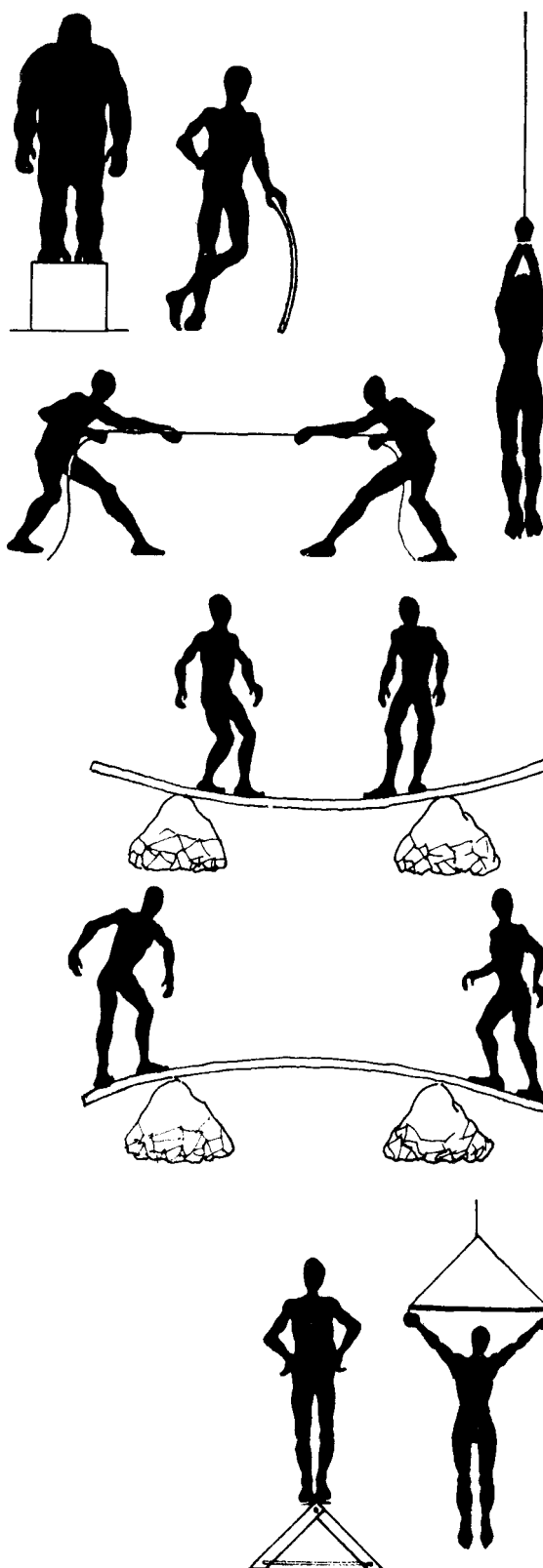



Fig. 106. Visualizzazione di principi costruttivi elementari.

con il procedimento costruttivo senza un riferimento preciso alla forma sia degli elementi costruttivi funzionali sia dell'intero organismo. In sostanza con i principi elementari si fa riferimento alla capacità di resistenza dei materiali base e degli elementi costruttivi base in virtù delle forze interne di coesione molecolare che si oppongono al cambiamento di forma provocato da forze esterne e della maggiore o minore «elasticità» che possiedono.

Principi complessi.

Si possono individuare ulteriori principi costruttivi, a livello di elemento costruttivo funzionale, *analizzando come sia possibile dare origine ad un «modo» per racchiudere uno «spazio»;* in questa analisi si terrà conto ai fini della sicurezza statica dei principi elementari sopracitati e delle condizioni di vincolo che si determinano tra gli elementi costruttivi. Tali principi, che diremo *complessi,* possono essere così sintetizzati:

— il *principio del «trilite» o dell'"architrave»* : si determina un «vano agibile» mediante un elemento orizzontale lineare, *l'architrave,* soggetto a sollecitazioni di flessione e taglio, che poggia su due elementi verticali lineari, i *piedritti,* sollecitati essenzialmente a compressione. Dall'esempio primordiale del dolmen si passa ai procedimenti costruttivi per realizzare vani di porte e finestre, a tutti gli organismi che, nelle varie epoche fino ad oggi, nascono dalla traslazione o rotazione del trilite. Naturalmente all'iniziale trave in pietra, con limitate capacità di resistenza a trazione e «pesante», si sostituisce l'architrave «elastico» in altri materiali (in legno, acciaio, c.a. ecc.) con maggiori capacità di resistenza a sollecitazioni flessionali e che consente, quindi, di raggiungere luci libere maggiori. La stabilità dell'insieme è affidata principalmente ai piedritti e l'architrave contribuisce soltanto con il suo peso; (vedi fig. 107 e Tav. 77).

— il *principio del «telaio»:* si determina un «vano agibile» mediante un elemento lineare, il *traverso,* che è collegato con vincoli di solidarietà con due elementi verticali, i *montanti;* contrariamente al principio del trilite, l'effetto della continuità, determinando una «collaborazione» tra le parti nel reagire alle sollecitazioni, implica che tutti gli elementi siano soggetti a flessione e taglio; data la continuità, tutti gli elementi concorrono alla stabilità dell'insieme. Su questo

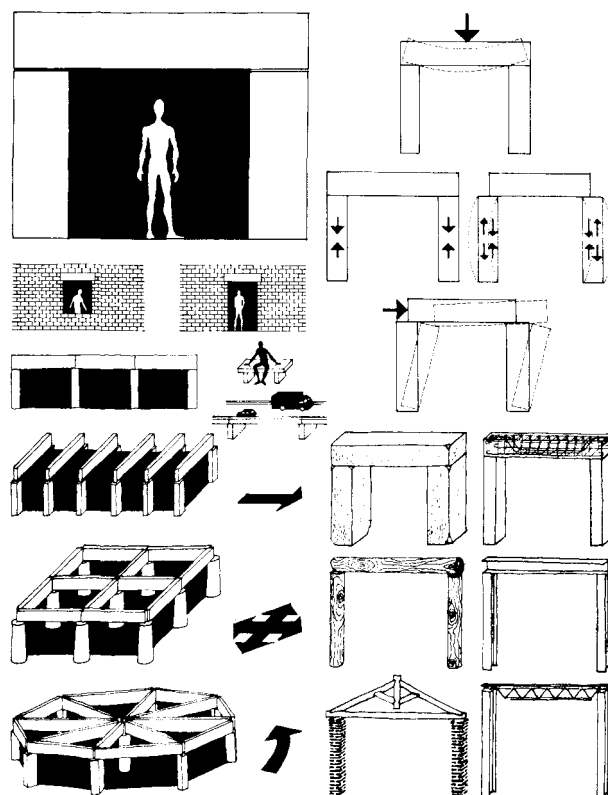



Fig. 107. Principio del «trilite».

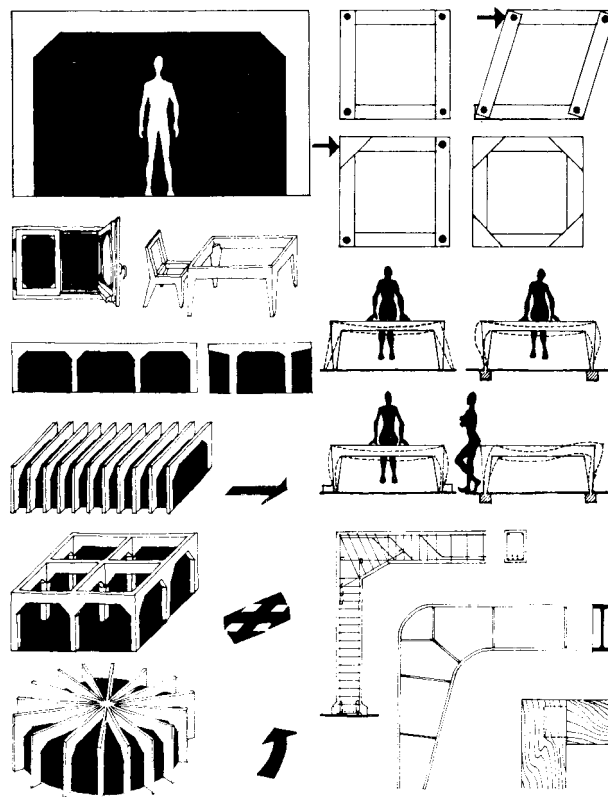



Fig. 108. Principio del «telaio».

principio si basano i procedimenti costruttivi, ad esempio, dei telai dei serramenti, dei portali in legno, in acciaio e in c.a., nonché di tutti gli organismi a scheletro che nascono dalla successione spaziale, mono o pluridirezionale, longitudinale e/o verticale, di «telai»; (vedi fig. 108 e Tav. 78)

— il *principio dell'«arco»:* si sostituisce l'architrave in pietra, che mal si presta a reagire a sforzi di flessione e taglio con la conseguenza di limitare la «luce libera» (distanza tra i piedritti), con un elemento costruttivo funzionale che, data la sua forma geometrica, l'*arco,* sfrutta la pietra soltanto a compressione, consentendo così di coprire luci maggiori. In questo caso la stabilità dell'insieme è affidata agli elementi di piedritto, che sono soggetti anche all'azione di spinta che l'arco, data la sua conformazione, trasmette; in rapporto a questa sollecitazione si determina la forma dell'elemento di piedritto. Per assoggettare il piedritto alla sola sollecitazione di compressione si può introdurre una catena (arco a spinta eliminata) oppure contrapporre le spinte di archi in successione. Col principio dell'arco si passa dagli elementari archi di trionfo a tutti gli elementi costruttivi funzionali e organismi la cui conformazione deriva dalla traslazione o rotazione dell'arco (ad esempio: volte a botte, cupole, ecc.); (vedi fig. 109 e Tav. 79)

— il *principio del «cavo»:* anziché l'architrave o l'arco si predispone un cavo o fune appesa ai piedritti, sfruttandone le capacità di resistenza a trazione e di assumere, data l'incapacità di resistere a flessione, una configurazione di equilibrio sotto l'azione del peso proprio e di altri carichi verticali; la stabilità dell'insieme può essere affidata ai soli piedritti oppure ai piedritti e a tiranti ancorati al suolo che assorbono l'azione orizzontale determinata dal cavo; occorre tener presente che il cavo non ha capacità di opporsi alla flessione, perciò è necessario prevedere gli opportuni accorgimenti per la sua « stabilizzazione » sul piano verticale e su quello orizzontale. Su questo principio si basano, da tempi remoti, le tende da campo e i ponti sospesi; oggi caratterizza procedimenti costruttivi anche per grandi coperture e interi organismi; (vedi fig. 110 e Tav. 80)

— il *principio del «triangolo»:* per creare un «vano agibile» si utilizzano due soli elementi che determinano una configurazione a triangolo; i due elementi, a giacitura inclinata, si contrappongono e sono soggetti a compressione, nonché ad azioni flessionali dovute al peso proprio ed eventualmente ad altri carichi ver-

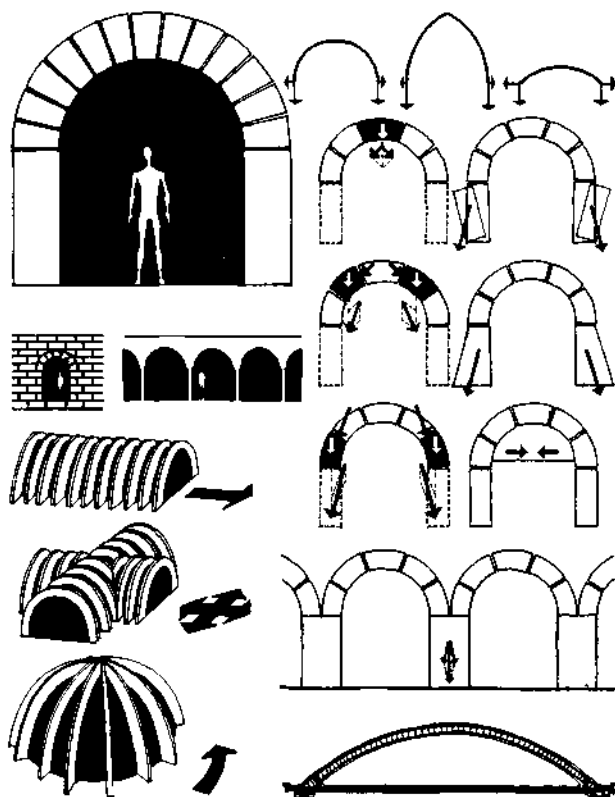



Fig. 109. Principio dell'« arco ».

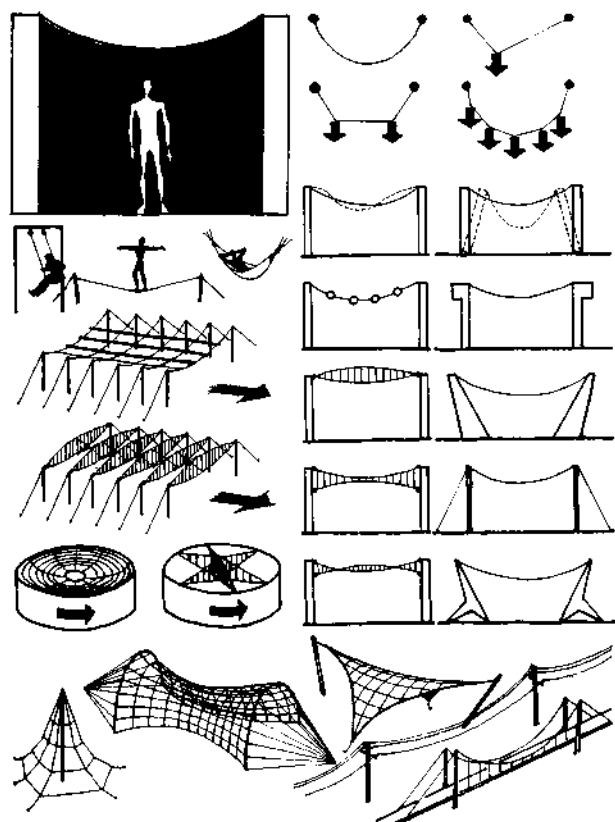



Fig. 110. Principio del «cavo».

ticali; essi trasmettono al suolo azioni verticali ed orizzontali; queste ultime possono essere assorbite da un tirante. Su questo principio si basano gli organismi ad involucro globale con sezione trasversale triangolare, i tetti a «capanna», le coperture a «timpano», la geometria delle capriate. Da questo principio si può far derivare anche il *triangolo indeformabile* costituito da tre aste incerniate, soggette principalmente a sforzi di trazione o compressione, che caratterizza gli elementi piani o spaziali reticolari, nonché i criteri di controventatura; (vedi fig. 111 e Tav. 81)

— *il principio dell'«albero» o del «fungo»:* uno « spazio agibile » può essere definito da un elemento verticale portante, il *ritto,* sorreggente un elemento di chiusura orizzontale aggettante, il *cappello;* l'insieme determina il principio del *fungo* o dell'*albero,* in quanto si ispira ad essi per conformazione e comportamento; il cappello è reso in genere solidale al piedritto e per tale continuità questo ultimo è soggetto anche a flessione. Il fungo può essere isolato, in questo caso il ritto sarà incastrato al piede, oppure può combinarsi con altri (solai e coperture a fungo, ecc.), in tal caso può anche risultare incernierato; (vedi fig. 112 e Tav. 82)

— il *principio del «pneumatico»:* è di recente utilizzazione nell'edilizia e consiste nel formare elementi costruttivi con *involucri a camera d'aria gonfiabili;* l'involucro è sollecitato a trazione e la capacità di resistenza è data dall'aria in pressione e dalla forma che assume l'elemento con il gonfiaggio; in questo caso si ammettono, entro certi limiti, sfruttando l'«elasticità» dell'aria, effetti di deformazione sotto carico. Con questo principio si realizzano travi, portali, elementi di copertura e anche impalcati spostabili per piccoli ponti, nonché interi organismi ad involucro globale (ad esempio: organismi gonfiabili o pneumatici per impianti sportivi, magazzini, mostre, ecc.) (vedi fig. 113 e Tav. 83).

I principi costruttivi sopracitati, che non sono esaustivi in quanto ve ne possono e ve ne potranno essere altri, possono, ovviamente, coesistere nell'ambito dell'apparecchiatura costruttiva di un'opera edilizia sia a livello d'insieme, sia per realizzare differenti elementi costruttivi funzionali (compresi quelli non portanti).

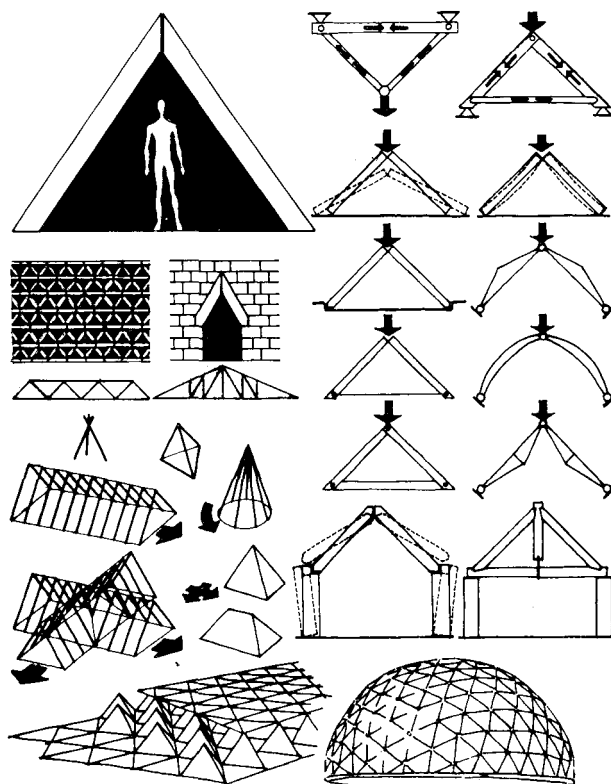



Fig. 111. Principio del «triangolo».

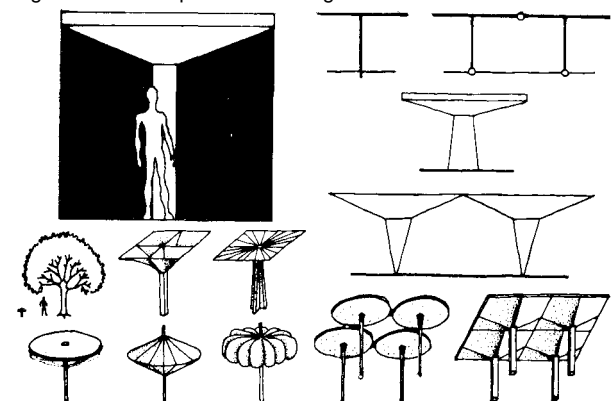



Fig. 112. Principio del «fungo».

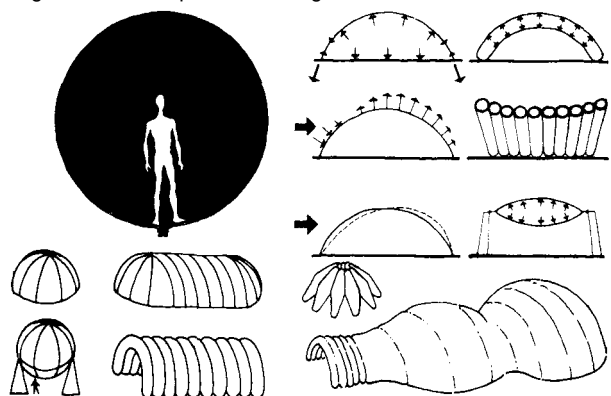



Fig. 113. Principio del «pneumatico».

Principi geometrico-costruttivi.

I principi costruttivi complessi investono direttamente l'elemento costruttivo funzionale o, per meglio dire, insiemi di elementi costruttivi funzionali visti, però, come entità bidimensionali capaci di determinare un «vano agibile», come possibile matrice di uno «spazio costruito»; quindi, salvo particolari casi, pur avendo una propria capacità di resistenza (specie per le azioni che agiscono sul piano che li contiene) questi insiemi hanno soltanto attributi potenziali ai fini della stabilità dell'intero organismo. Occorre perciò analizzare anche i principi che improntano il procedimento costruttivo a livello dell'intero organismo, cioè che colgono le relazioni in senso tridimensionale che intervengono tra le parti dell'apparecchiatura costruttiva, specie tra gli elementi di fabbrica, ai fini della fattibilità costruttiva in rapporto alla capacità della forma finale dell'oggetto di resistere alle sollecitazioni interne ed esterne cui potrà essere sottoposta.

Tali principi si dicono *geometrico-costruttivi*, in quanto colgono nel procedimento costruttivo le interrelazioni tra forma geometrica, costruibilità e stabilità, e possono essere così schematizzati: principio dell'involucro globale; principio dell'involucro scatolare.

IL PRINCIPIO DELL'INVOLUCRO GLOBALE.

Si riferisce a tutti quei procedimenti costruttivi che realizzano forme che racchiudono e coprono lo spazio senza soluzioni di continuità (ad esempio: la semisfera come caso più semplice) o che comunque non determinano una differenziazione tra chiusure verticali e copertura (ad es. la piramide come caso più semplice), vedi Tav. 84. In base alla conformazione dell'involucro, e quindi al modo di costruirlo, si possono avere:

— il *procedimento a «conci»:* l'involucro è realizzato mediante sovrapposizione e giustapposizione di elementi costruttivi base preformati, i conci; la forma dell'involucro in genere è tale che i conci siano soggetti a compressione. Tipiche in tal senso le costruzioni murarie a volta, a cupola, e a falsa volta. Questo procedimento trova riscontro nelle costruzioni primitive, come l'igloo, o spontanee, come il trullo, e nella evoluzione storica dell'ossatura muraria a volta; oggi viene anche applicato realizzando elementi prefabbricati per organismi in c.a. e in altri materiali; (vedi Tav. 85).

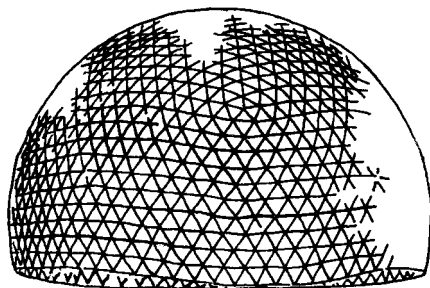
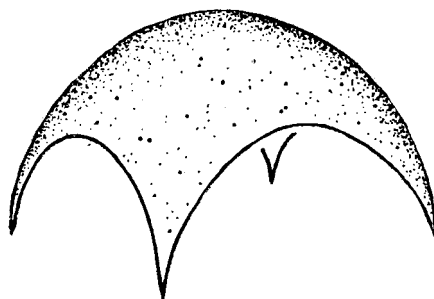
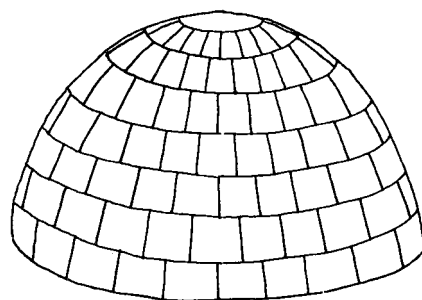



Fig. 114. L'involucro globale e i procedimenti a «conci», a «guscio» e a «cesto».

— il *procedimento a «guscio»:* è così denominato perché l'involucro tende ad assumere una resistenza per forma, come il guscio di una noce o di un uovo, attraverso una lavorazione per modellatura indiretta di materiali base; ad esempio; organismi a cupola in soletta di c.a., volte sottili in c.a., coperture a volta e cellule spaziali in materie plastiche. Questo procedimento è rintracciabile presso costruzioni di comunità primitive realizzate con un impasto d'argilla, utilizzando la tecnica del «vaso»; (vedi Tav. 86)

— il *procedimento a «cesto»:* questo procedimento trae le origini proprio dalle tecniche del cesto applicate dalle comunità primitive per realizzare le abitazioni con l'intreccio di elementi lineari, come giunchi, vimini, rami flessibili, ecc.; in pratica si realizza uno scheletro a forma globale, sul quale viene disteso il manto di chiusura protettivo (pelli, teli, strati vegetali, ecc.). Oggi è comunemente usato per realizzare grandi coperture o attraverso una «tessitura» di telai (ad esempio: cupole in c.a. o in acciaio a meridiani e paralleli) o mediante apparecchiature costruttive « reticolari» spaziali (ad esempio le cupole del Fùller); (vedi Tav. 87)

— il *procedimento «a pallone»:* di recente introduzione, consiste nel realizzare spazi coperti con un involucro formato da teli in materie plastiche (resistente agli sforzi di trazione, impermeabile, coibente) all'interno del quale viene indotta aria in sovrappressione, in tal modo si ha la messa in tensione (posa in opera) dell'involucro e si determina la stabilità di forma. Le apparecchiature costruttive così realizzate si dicono «gonfiabili». Altro tipo di apparecchiature sono quelle « pneumatiche » che derivano in modo diretto dal principio omonimo precedentemente richiamato: l'involucro è formato a camera d'aria e quindi, essendo l'aria contenuta nello «spessore» dell'involucro, lo spazio racchiuso non è più pressurizzato come nel caso precedente; l'involucro può essere anche costituito da una serie di elementi costruttivi funzionali pneumatici; (vedi Tav. 88)

— il *procedimento a «tenda»:* è basato sul principio del « cavo » e prende il nome dalle costruzioni a tenda delle popolazioni nomadi, le quali nel porre in trazione, attraverso pali di sostegno, dei teli ottengono una forma spazio-globale stabile. In questo procedimento, contrariamente ai casi precedenti, vi è necessità di piedritti (almeno uno) per sorreggere l'involucro; l'esempio più significativo in tal senso è il tendone del circo. Attualmente con questo procedimento, oltre

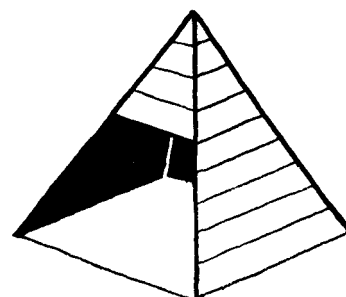
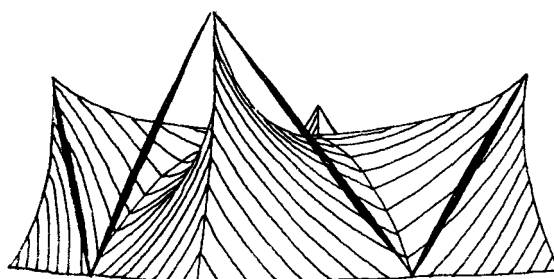
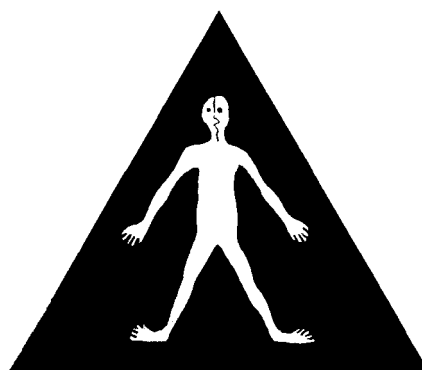
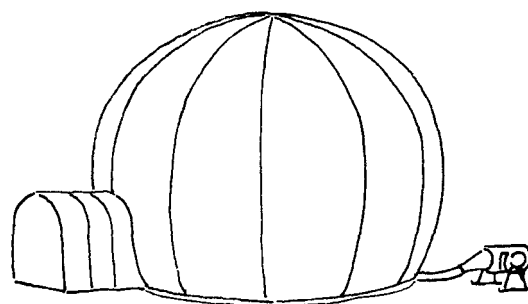



Fig. 115. L'involucro globale e i procedimenti a «pallone», a «tenda» e a «capanna».

alle tende da campeggio, vengono realizzate grandi coperture sia mediante un ordito o una tessitura spaziale di cavi sorreggenti il manto di chiusura sia mediante teli continui o membrane; (vedi Tav. 89).
— *il procedimento a «capanna»:* questa denominazione deriva dalle tecniche costruttive usate dalle comunità primitive per realizzare ricoveri in legno applicando intuitivamente il principio del triangolo; la forma a capanna determina un involucro globale in quanto non è possibile una differenziazione tra chiusure orizzontali e verticali; il procedimento «a capanna» consiste nel predisporre elementi piani di chiusura, autoportanti, o un ordito di supporto per gli elementi di tamponatura; (vedi Tav. 90).

Il principio dell'involucro globale in molti casi sottende il criterio di rendere stabile e resistente l'oggetto per forma: *resistenza per forma.*

Premesso che la capacità di resistenza di qualsiasi oggetto deriva sempre anche dalla forma che possiede, *con resistenza per forma si intende l'aver conferito all'oggetto una tridimensionalità, avvolgente totalmente o parzialmente uno spazio, che ne assicuri l'indeformabilità con il minimo di materiale* (vedi fig. 117). Un tubo, cavo, rispetto ad un tondino, pieno, costituisce un esempio di resistenza per forma; sono resistenti per forma gli elementi costruttivi tridimensionali a guscio stampato in lamiere d'acciaio o in materie plastiche, le lamiere ondulate o grecate, le cellule spaziali a volumetria globale, ed infine gli organismi architettonici ad involucro autoportante di cui si è già fatta esemplificazione.

IL PRINCIPIO DELL'INVOLUCRO SCATOLARE.

Riguarda i procedimenti costruttivi per realizzare forme parallelepipede, o comunque prismatiche, che racchiudono e coprono uno spazio determinando la differenziazione tra *chiusure verticali* e *chiusure orizzontali;* ciò comporta anche una differenziazione dei ruoli degli elementi di fabbrica e degli elementi costruttivi funzionali ai fini della stabilità *importanti principali,* gli elementi «verticali»; *portati e portanti secondari,* gli elementi «orizzontali» (cioè sorretti dai principali e che sopportano, oltre al peso proprio, anche carichi permanenti e accidentali; possono essere compartecipanti o meno alla stabilità dell'insieme).

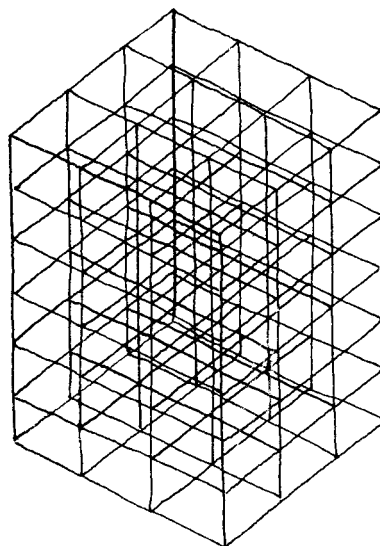
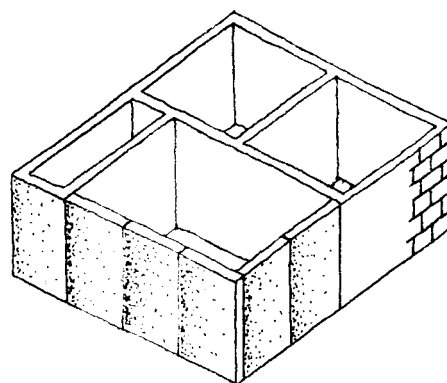
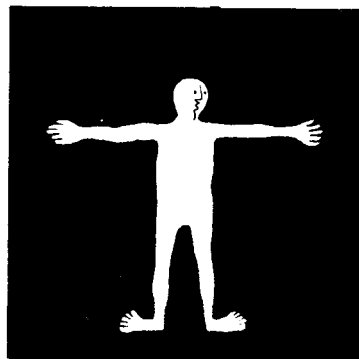



Fig. 116. L'involucro scatolare e i procedimenti a «setti» e a « gabbia ».

In base alla conformazione dell'involucro si possono avere:

— il *procedimento a «setti»:* è tipico degli organismi realizzati in opera ad ossatura muraria (a conci o di getto) e solaio piano (non compartecipante alla stabilità dell'insieme, ad esempio solai in legno o in ferro e travelloni; compartecipante, ad esempio i solai in c.a. o laterocementizi con cordulo), nonché degli organismi prefabbricati con pannelli-parete e con pannelli-solaio. La stabilità dell'insieme è assicurata da una tessitura in senso longitudinale e trasversale dei setti, nonché dalla compartecipazione o meno dei solai. Questo procedimento dà luogo alle apparecchiature costruttive *piane;* (vedi Tav. 92)

— il *procedimento a «gabbia»* è tipico, dai primordi ad oggi, nelle costruzioni che si basano sulla realizzazione di uno scheletro, che garantisce la sicurezza statica dell'insieme (composizione di telai a livello tridimensionale) e sopporta solai piani (elementi portanti secondari compartecipanti o meno alla stabilità dell'insieme a seconda del vincolo con le membrature dello scheletro). Il procedimento a « gabbia » dà luogo alle apparecchiature costruttive *piano-lineari,* realizzate in opera o prefabbricate, e determina gli *elementi costruttivi portati*, cioè con ruolo soltanto ai fini della delimitazione e classificazione dello spazio, nonché del comfort ambientale (vedi Tav. 93).

Il principio dell'involucro scatolare determina anche una differenziazione nel compito che hanno gli elementi portanti:

— resistere soltanto ad azioni verticali;
— resistere soltanto ad azioni orizzontali;
— resistere al tempo stesso ad ambedue le azioni.

Questo conduce ad una gerarchizzazione degli elementi portanti e ad assegnare una particolare conformazione all'apparecchiatura costruttiva; in tal senso è esemplificativo il criterio delle resistenze passive e attive per l'ossatura muraria a volta. *Resistenze passive* sta a significare che la stabilità è assicurata in quanto gli elementi di piedritto (muri continui a sezione costante o a contrafforti) si oppongono con il proprio peso alla spinta esercitata dalle volte. *Resistenze attive* significa sollecitare essenzialmente gli elementi di piedritto a compressione facendo si che le azioni cui sono sottoposti siano prevalentemente verticali e comunque cadano entro il nocciolo centrale d'inerzia di ogni loro sezione; ciò si può ottenere attraverso una configurazione spaziale che ponga in contrapposi-

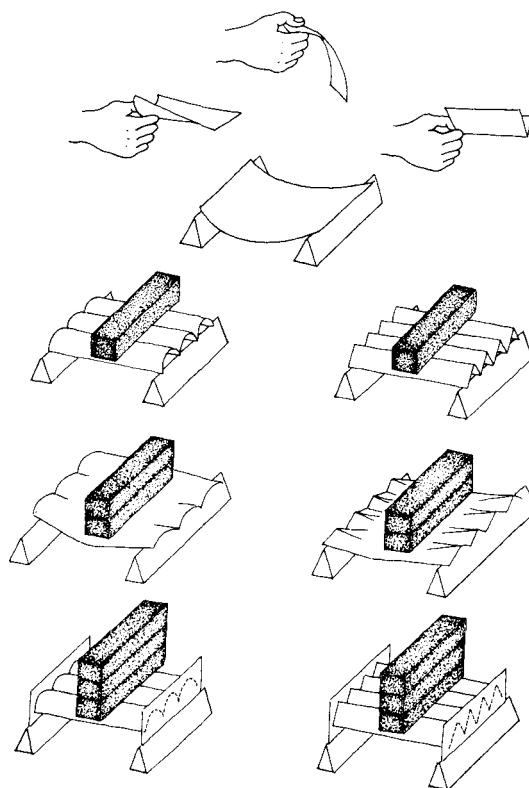



Fig. 117. «Resistenza per forma».

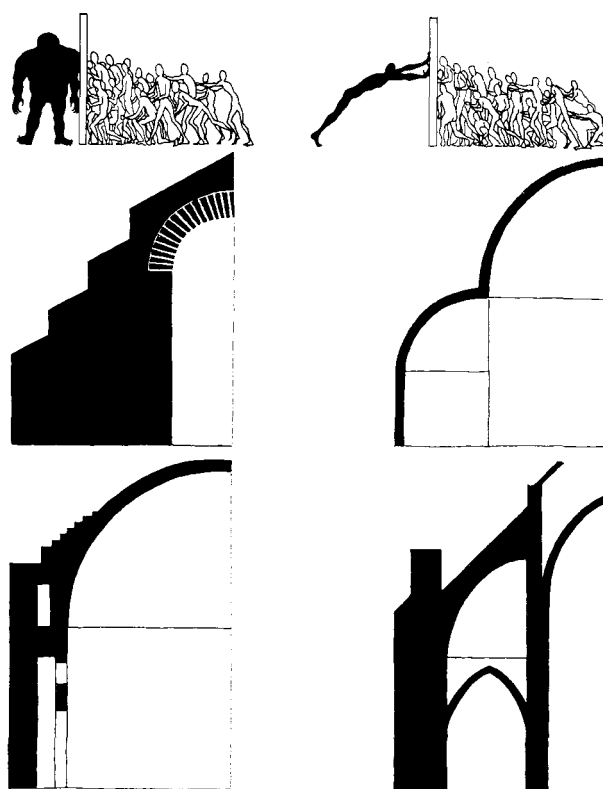



Fig. 118. «Resistenze passive» e «resistenze attive».

zione ambienti coperti a volta (ad esempio: impianti costruttivi delle chiese bizantine, romaniche e rinascimentali a cupola su pianta centrale) oppure introducendo elementi che esercitino una controspinta equilibratrice (ad esempio: l'arco rampante nelle costruzioni gotiche). Vedi fig. 118.

I due principi geometrico-costruttivi, globale e scatolare, possono naturalmente coesistere in tutti quegli organismi i cui elementi di fabbrica presentano sia forme globali che scatolari (ad esempio: la Piccola Cuba normanna di Palermo, la Moschea Azzurra di Isfahan, la Cappella dei Pazzi di Brunelleschi, la Rotonda del Palladio, i palazzi rinascimentali con chiusure orizzontali a volta, la chiesa di Ronchcamps di Le Corbusier, il Palazzo dei Congressi all'EUR a Roma); inoltre si fa rilevare che se la schematizzazione fatta dei principi geometrico-costruttivi è riferita principalmente ad organismi monopiano e monoambiente, è comunque estensibile ad organismi pluripiano e pluriambiente. (Vedi Tav. 94).

Nel processo progettuale l'insieme correlato delle scelte a livello dei principi elementari, complessi e geometrico-costruttivi concorrono a definire sia l'apparecchiatura costruttiva che il procedimento costruttivo ai fini della sicurezza statica.

Il procedimento costruttivo e il comfort ambientale.

Premesso che nell'azione-progetto il porre in rapporto la forma con le esigenze di fruizione, a livello sia di agibilità dello «spazio costruito» sia di percezione, si correla all'impostazione costruttiva e quindi anche al procedimento costruttivo, tratteremo in questa sede essenzialmente della relazione intercorrente tra procedimento costruttivo e comfort ambientale con particolare riferimento alla protezione dagli agenti atmosferici e all'isolamento acustico.

Ai fini della protezione dalle precipitazioni atmosferiche (pioggia, neve, ecc.) due sono i principi che incidono sulla forma dell'organismo edilizio, e quindi sull'apparecchiatura costruttiva e sul procedimento costruttivo:

— il *principio del deflusso diretto:* assicurare lo smal-

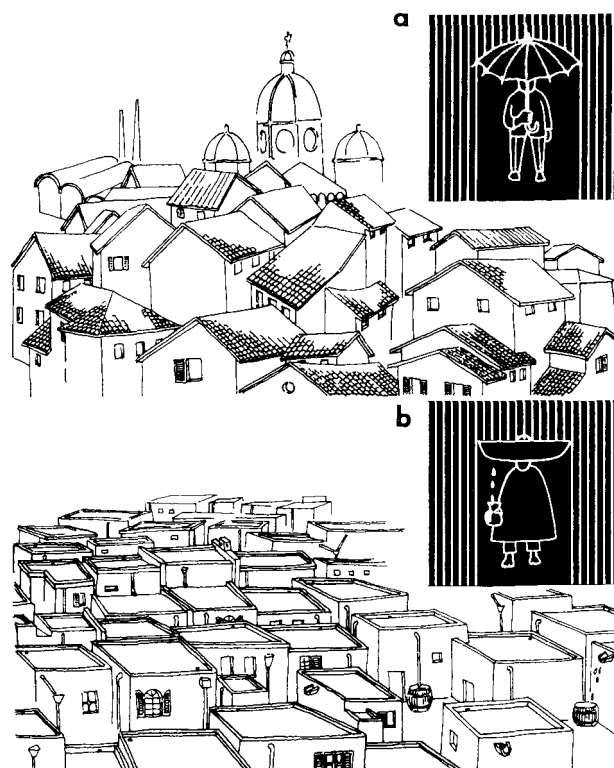



Fig. 119. a) principio «del deflusso diretto»; b) principio «della raccolta e dello smaltimento».

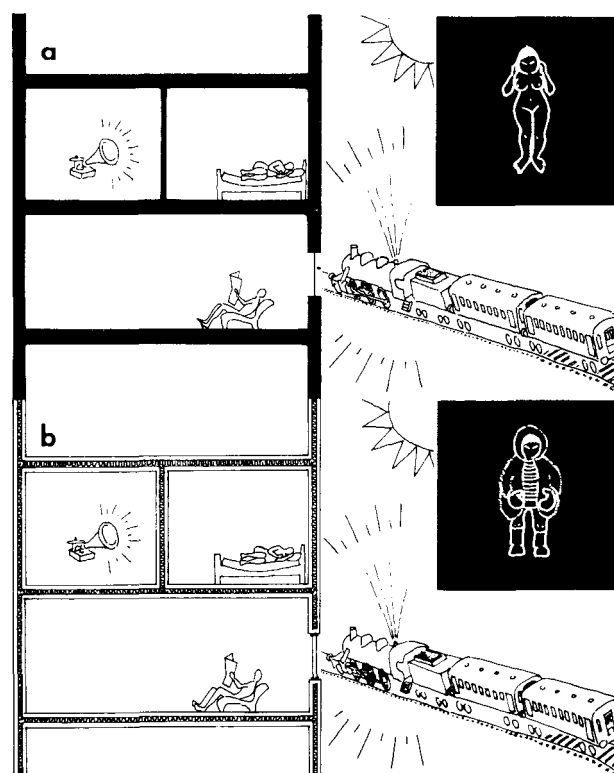



Fig. 120. a) principio «del corpo unico»; b) principio «del corpo multiplo».

timento immediato dell'acqua; ciò si traduce nelle coperture a volta o a tetto (con pendenze variabili a seconda del clima e del « materiale » usato per il manto di copertura);
— il *principio della raccolta e dello smaltimento:* creazione di un catino stagno con deflusso attraverso canalizzazioni; ciò si traduce nelle coperture a terrazzo impermeabilizzate, con smaltimento mediante buttafuori o condotti pluviali. (Vedi Tav. 95).

Per quanto concerne l'isolamento termico ed acustico si possono individuare altri due principi costruttivi che interessano direttamente la conformazione e l'organizzazione interna degli elementi costruttivi funzionali, anche in rapporto alle capacità di resistenza e durata:
— il *principio del corpo unico:* l'elemento costruttivo funzionale è costituito da un solo «materiale» che in unico strato soddisfa all'isolamento termico e/o acustico (ad esempio: un setto murario in calcestruzzo normale o alleggerito, o in mattoni; serramenti con vetri atermici monolastra; ecc.);
— il *principio del corpo multiplo:* l'elemento costruttivo funzionale è formato da più «materiali» stratificati aventi caratteristiche e ruoli complementari, compresi intercapedini o lamine d'aria (ad esempio: chiusure orizzontali con strato resistente + strati coibenti; pannelli sandwichs di facciata o di tramezzatura; solai a camera d'aria; tamponature a «cassetta»; serramenti a doppio vetro; ecc.). Vedi Tav. 96.

Per quanto riguarda la protezione dalle infiltrazioni d'acqua e d'aria sulle pareti esterne e sulle coperture, nonché per garantirne la durata, in genere si procede nei seguenti modi:
— individuazione di procedimenti costruttivi che implichino il minor numero di giunti tra le parti (riferimento ideale è la continuità materica, ad esempio: il manto continuo bituminoso o in grandi teli per le coperture a terrazzo, muri in calcestruzzo, ecc.);
— applicazione di trattamenti superficiali, che vanno dalla semplice stilatura dei giunti di malta ai cordoni plastici iniettati a pistola, alla protezione con tinteggiatura idrorepellente a base di cemento o al silicone;
— applicazione di strati protettivi, come gli intonaci, i rivestimenti in materiali ceramici o in lastre di pietra, ecc. (elementi costruttivi funzionali con ruolo esclusivamente protettivo e di finitura). Vedi Tav. 97.

Ai fini del comfort occorre considerare gli impianti, cioè il complesso di apparecchi e reti di canalizzazione per il riscaldamento o il condizionamento dell'aria,

Fig. 121. Pastore nomade che ha risolto i problemi «della protezione e dei giunti ».

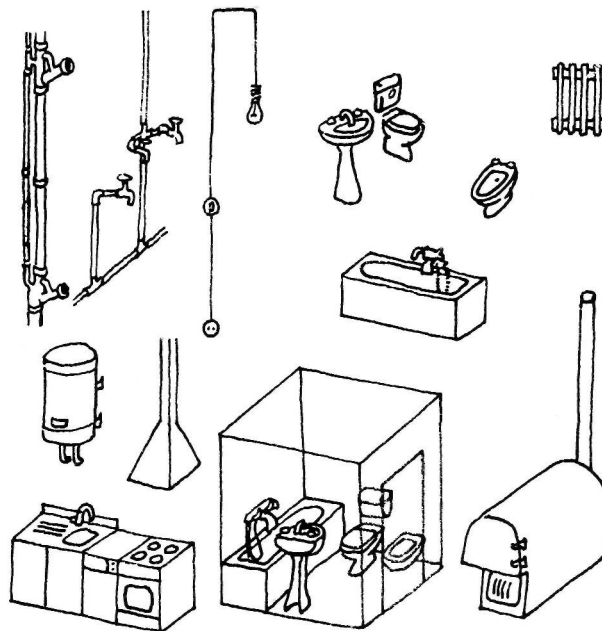



Fig. 122. Gli elementi impiantistici.

per l'illuminazione elettrica, per la distribuzione e l'utilizzazione dell'energia elettrica, del gas, dell'acqua, per le telecomunicazioni, per lo smaltimento delle acque meteoriche e dei rifiuti solidi e liquidi, infine per la sicurezza (impianti d'allarme e antincendio).

Ciascun impianto ha proprie caratteristiche di conformazione e di lavorazione che coinvolgono sia la conformazione dell'apparecchiatura costruttiva sia il procedimento costruttivo, specie per quanto concerne la localizzazione delle reti di canalizzazione e i punti di utilizzazione. In tal senso ciascun impianto costituisce un sub-sistema nell'ambito dell'apparecchiatura costruttiva con propri elementi costruttivi, *elementi impiantistici*, e proprie tecniche realizzative. Vedi Tav. 98.

Di un qualsiasi impianto le reti di canalizzazione e i punti di utilizzazione possono risultare *esterni,* sovrapposti cioè agli elementi costruttivi funzionali (praticamente in «vista») oppure *interni,* incorporati.

L'impianto *interno* può risultare:

— *incorporato in opera,* nel procedimento costruttivo occorre prevedere la creazione di opportune sedi, la realizzazione di tracce, di strati in cui collocare le canalizzazioni e i punti di utilizzazione (cicli di lavorazione tradizionali);

— *incorporatile,* in questo caso si fa riferimento a procedimenti che prevedono elementi costruttivi prefabbricati predisposti per accogliere canalizzazioni e punti di utilizzazione: *elementi costruttivi attrezzabili;*

— *incorporato fuori opera,* anche in questo caso si fa riferimento a procedimenti che prevedono elementi costruttivi prefabbricati che già contengono parti dell'impianto: *elementi costruttivi attrezzati.* Da questo principio derivano, ad esempio, le pareti attrezzate per canalizzazioni, i blocchi funzionali di canalizzazione e di utilizzazione, nonché i blocchi-ambiente bagno e cucina. Vedi Tav. 99.

Le possibilità di applicazione di una delle modalità sopracitate variano a seconda del tipo di impianto, ma dipendono soprattutto dall'aver posto nel momento progettuale in correlazione l'apparecchiatura costruttiva con i problemi impiantistici.

In ultima analisi, *l'insieme correlato delle scelte progettuali ai fini del comfort ambientale in base ai principi sopraenunciati incidono sulla conformazione dell'apparecchiatura costruttiva e sul procedimento costruttivo, sia del sistema che dei componenti.*

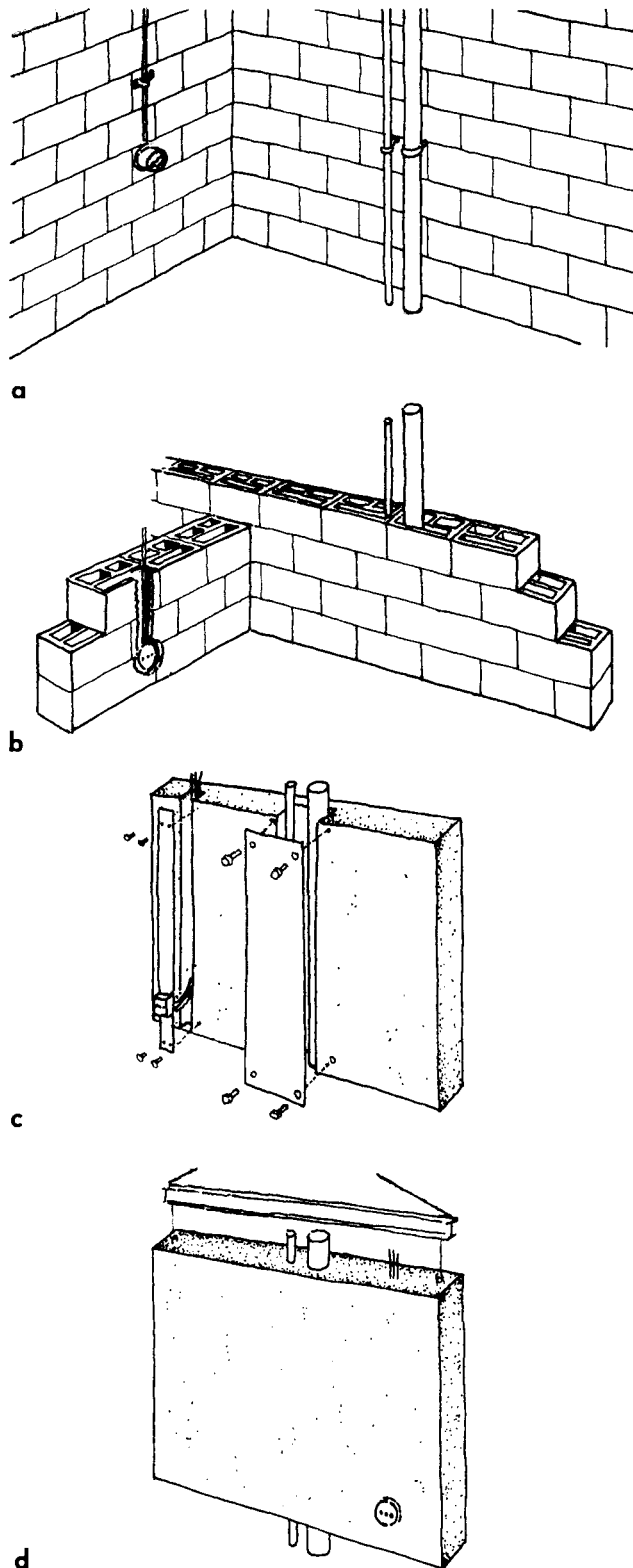



Fig. 123. a) impianto esterno, «in vista»; b) impianto interno, «incorporato in opera»; c) impianto « incorporabile » in elementi prefabbricati «attrezzabili»; d) impianto «incorporato» in elementi prefabbricati «attrezzati».

IL MATERIALE E LA PERCEZIONE DELLA FORMA

Determinate intenzionalità progettuali ai fini della percezione della «forma» dell'oggetto incidono sul procedimento costruttivo, in particolare per quanto concerne il trattamento di «finitura» che si deve adottare. Schematicamente si possono individuare due principi ben differenziati: il principio «materico» e il principio «geometrico».

Con il *principio «materico»* si intende porre in evidenza gli attributi intrinseci della forma, ciò che « costruisce » la forma: percezione dei valori materici, oltre quelli geometrici di superficie e volume. È evidente come questo principio condizioni l'articolazione del procedimento costruttivo specie nelle fasi e nei mezzi relativi alla «finitura» sia dell'oggetto edilizio intermedio (ad esempio, il ciclo di produzione dei mattoni da cortina è in funzione della « faccia a vista ») sia dell'oggetto edilizio finale (ad esempio, per gli organismi edilizi con elementi in c.a. «in vista», a seconda del trattamento superficiale che si vuole ottenere occorre che nel procedimento costruttivo si prevedano casseforme appositamente predisposte: a tavole piallate, in lamiera piana od ondulata, rivestite di fogli di plastica, ecc.).

In pratica è ciò che in termini cantieristici si definisce «rustico-finito», riferendosi sia all'intero organismo sia agli elementi di fabbrica (ad esempio: il municipio di Säynatsälo di Alvar Aalto, l'edificio della Rinascente a Roma, con lo scheletro in acciaio in vista), e «in vista», «a faccia-vista» e «al naturale», in riferimento agli elementi costruttivi base e funzionali (ad esempio: conci di pietra martellinati o bocciardati per conferire una «grana» particolare all'effetto della «faccia-vista»; pannelli-facciata la cui finitura è quella che il getto, unitamente alle casseforme, gli conferisce senza successivi trattamenti superficiali). Muratura a «faccia-vista» significa «leggere» i conci ed i comenti di malta, che dovranno essere «stilati» per evitare infiltrazioni d'acqua e d'aria ma anche per porre in maggiore o minore risalto l'entità volumetrica del concio, stilatura a «raso» o «profonda»;

Con il *principio «geometrico»* si intende porre in evidenza gli attributi estrinseci della forma, il « segno » globale della forma: percezione dei valori di superficie

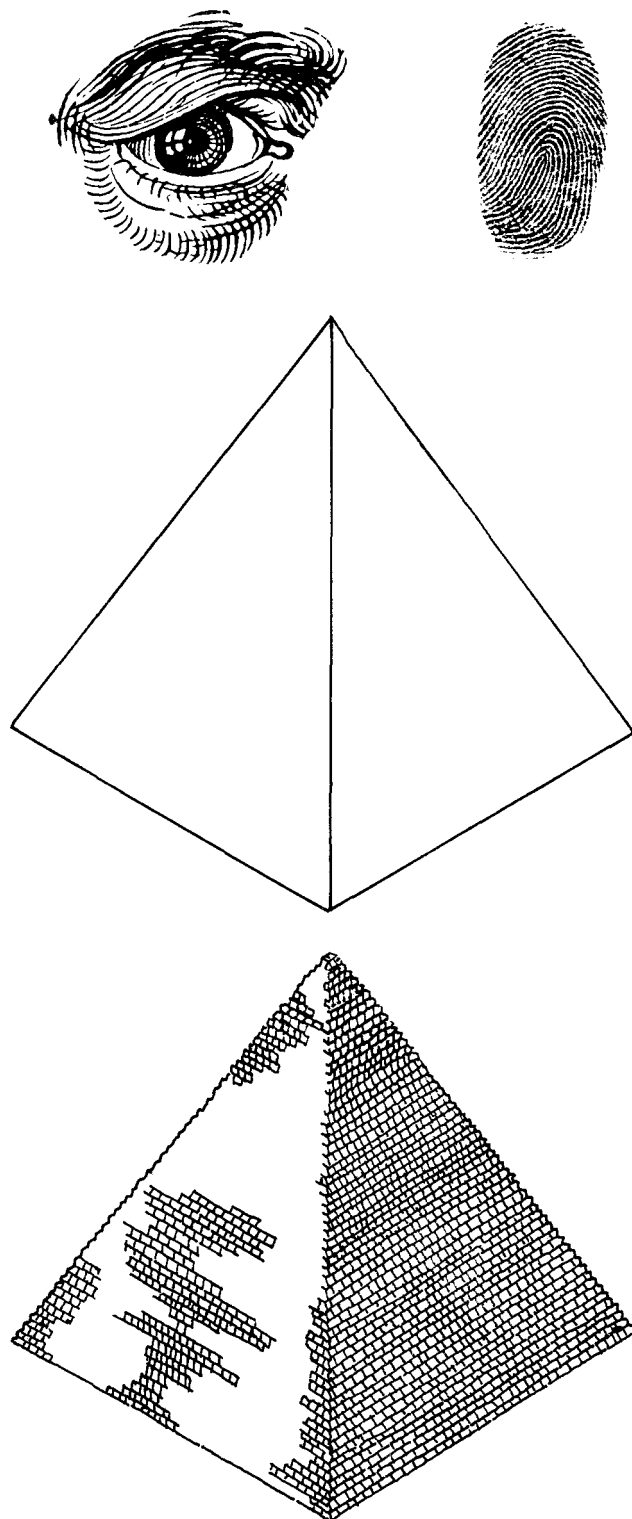



Fig. 124. Il « principio geometrico » e il « principio materico ».

e volumetrici e non del modo con cui si è «costruita» la forma. Ciò significa, ad esempio, che se si realizza una parete mediante l'addizione di conci e si vuole percepire il valore geometrico di superficie continua, è necessario che nel procedimento costruttivo si preveda l'applicazione di uno strato in materiale base (ad esempio: l'intonaco, la «finitura») che copra la trama costruttiva (il «rustico») e ripristini così la continuità percettiva del «segno».

A livello di elemento costruttivo è sufficiente fare alcuni esempi in contrapposizione: in un infisso con il legno «al naturale» evidentemente si vuol porre in risalto anche l'essenza del legno stesso, il calore e l'andamento delle fibre (principio materico); se l'infisso è verniciato si vuol porre in risalto soltanto la forma totale del serramento ed il valore geometrico dei profilati. Usare l'acciaio «corten», autossidante, sta ad indicare una intenzionalità materica a livello percettivo; verniciare l'acciaio, o cromarlo, significa un'intenzionalità ad esaltare la forma geometrica dell'elemento con esso realizzato. Analogo significato contrapposto avrà l'applicare un marmo al «grezzo» oppure a «lucido».

Il principio « materico » o quello « geometrico » rappresentano due intenzionalità distinte che possono caratterizzare in modo totale opere architettoniche, ma che possono altresì coesistere in diverso modo e maniera nell'ambito di uno stesso organismo a seguito di coerenti scelte progettuali. Infatti i due principi, come si è detto, stanno ad indicare schematicamente due poli estremi di comportamento entro i quali si può manifestare liberamente l'azione-progetto in tutti i possibili passaggi e sfumature dall'uno all'altro.

Una esemplificazione elementare può far meglio comprendere le possibilità di coesistenza tra i due principi: in un setto murario in mattoni, al quale sia stato applicato direttamente uno strato di vernice, si può cogliere al tempo stesso la «costruzione» della forma, in quanto si legge la trama dei conci e dei comenti, e il valore geometrico di «superficie», in quanto il velo di colore che lo ricopre ripristina la continuità della forma.

Da quanto sopra detto ed esemplificato è facile rilevare che le scelte che si effettuano nel momento progettuale in relazione alla percezione (non soltanto visiva, ma anche tattile) della forma influiscono sul procedimento costruttivo sia a livello di organismo che di componenti. Vedi daTav. "lOOaTav. 105 efigg. 124 e 125.

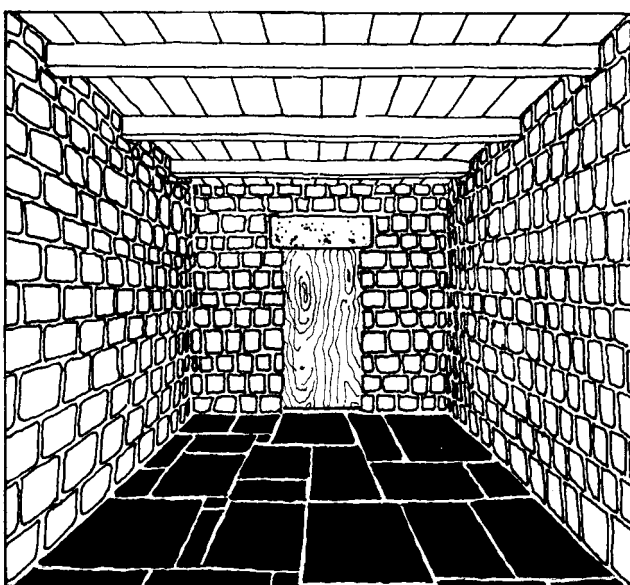
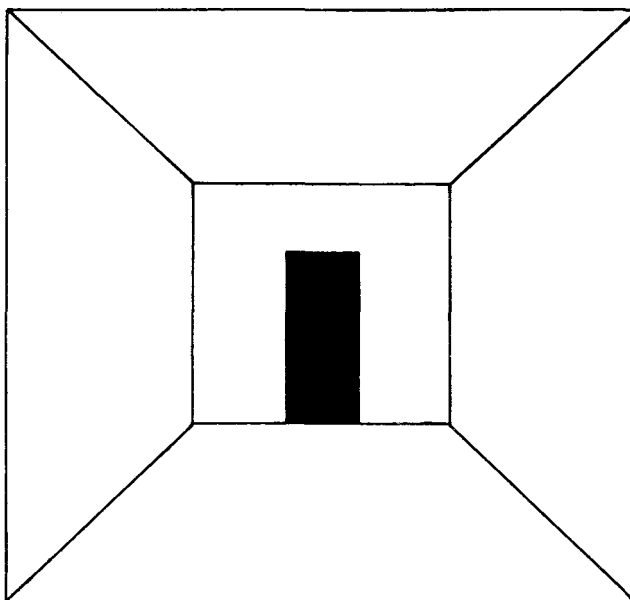



Fig. 125. Il « principio geometrico » e il « principio materico ».

CARATTERIZZAZIONE DEL PROCEDIMENTO COSTRUTTIVO

Il procedimento costruttivo, sia dell'organismo edilizio che degli elementi costruttivi, nelle modalità operative (in cantiere e in officina) è caratterizzato per quanto detto nei paragrafi precedenti dai principi di lavorazione e dai principi costruttivi relativi alla sicurezza statica, al comfort ambientale e alla percezione della forma. Alcune esemplificazioni chiariranno meglio questa affermazione.

L'ossatura muraria si basa sulla lavorazione per «addizione», conseguente alla sovrapposizione o giustapposizione di elementi costruttivi base, ottenuti per «asportazione» se in pietra, o per «formatura» (modellatura indiretta) se in laterizio o in calcestruzzo leggero (mattoni o blocchetti); per quanto concerne rimpianto generale è improntata dal procedimento a «setti» («tessuti» in senso longitudinale e trasversale) se realizza un involucro scatolare; si basa sul principio del «trilite» se sopporta solai piani (con «tessitura» mono o bidirezionale) e questo caratterizza le pareti come elementi portanti principali e le chiusure orizzontali come elementi portanti secondari; utilizza elementi costruttivi base resistenti essenzialmente a compressione («principio elementare»); in rapporto alle esigenze del comfort ambientale è un'applicazione del «principio del corpo unico»; può avere un trattamento a « faccia-vista » (principio « materico») o può essere intonacata (principio «geometrico»); infine se l'organismo è coperto a tetto con capriate in- legno si può facilmente individuare che sono applicati: la lavorazione per «asportazione» (elementi delle capriate); il principio del «triangolo», nella conformazione delle capriate; il principio elementare di sfruttare il «materiale» a sola compressione o trazione, i puntoni ed i tiranti delle capriate; il principio del « deflusso diretto » per la protezione dalle precipitazioni atmosferiche (fig. 126).

Se si considera un organismo ad « involucro globale» costituito da una cupola in c.a. e realizzato mediante casseforme gonfiabili (ad esempio le cupole Bini-Shell) si possono così riassumere i principi che caratterizzano il procedimento a «guscio»: lavorazione per «modellatura indiretta» (l'intero organismo); principio pneumatico per determinare lacassaforma e quindi la forma dell'organismo; lavorazione

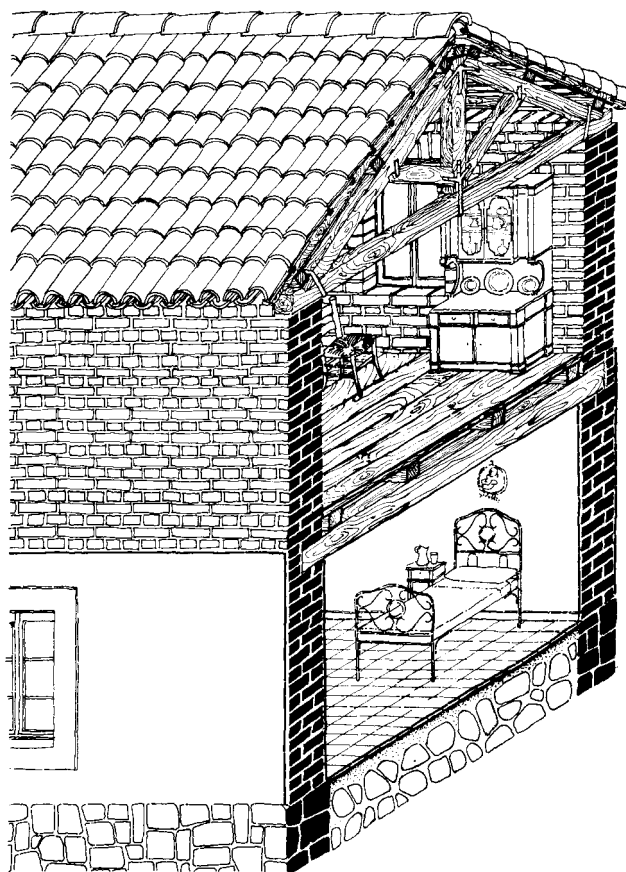



Fig. 126.

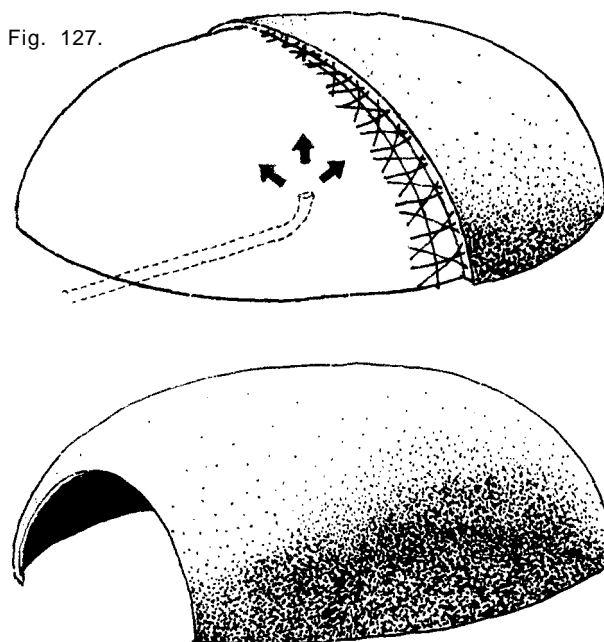



Fig. 127.

per «orditura» o «tessitura» (l'armatura in acciaio); principio elementare di utilizzazione dei materiali a compressione e a trazione (calcestruzzo + armature in acciaio); principio dell'«arco» per la determinazione della forma; principio del «corpo multiplo» e del «deflusso diretto» ai fini del comfort ambientale con applicazione o meno di rivestimento protettivo: principio «geometrico» se il manto di copertura tende a far percepire il valore volumetrico della cupola (fig. 127).

In questo modo è possibile analizzare un qualsiasi organismo edilizio per «leggere» le interrelazioni a livello di apparecchiatura costruttiva (sistema costruttivo) e di procedimento costruttivo, ma cosa più importante è che con tale analisi è possibile dare una conseguenzialità logica, nel momento progettuale, alle scelte sul piano tecnico-costruttivo.

Da quanto detto deriva altresì che i modi per definire «quel» procedimento per «quel» determinato organismo sono al tempo stesso illimitati sul piano delle scelte ed univoci nell'ambito della sintesi progettuale.

Fig. 128. Produzione dell'oggetto «unico», irripetibile; produzione dell'oggetto ripetibile in serie.

Fig. 129. a) il lavoro manuale; b) il lavoro meccanizzato; c) il lavoro automatizzato.

I MODI E I MEZZI DI ATTUAZIONE

I modi di porre in atto il procedimento costruttivo si concretizzano in un insieme di cicli di lavorazione e nell'articolazione di questi in una o più fasi sia nel cantiere edile (elemento costruttivo funzionale realizzato a pié d'opera o in opera) sia in stabilimento (elemento costruttivo base preformato o preassemblato, elemento costruttivo funzionale prefabbricato).

I mezzi per realizzare un procedimento costruttivo incidono direttamente sui cicli di lavorazione e indirettamente sulle scelte progettuali, in quanto dovrebbero incidere più sul metodo che sui contenuti della progettazione. Infatti, nell'attuale momento si tende a modificare le metodologie progettuali in funzione dell'industrializzazione edilizia, però senza perdere il significato e i contenuti dell'azione-progetto in termini di architettura e urbanistica, cioè agendo nella consapevolezza del momento storico in cui si opera.

Come si è detto precedentemente nei paragrafi sull'attività costruttiva e sull'industria edilizia, i mezzi

per porre in atto un procedimento costruttivo possono essere *manuali e meccanizzati.*

L'organizzazione del procedimento costruttivo può essere *artigianale,* basata sia sul lavoro manuale che sul lavoro meccanizzato, o *industriale,* basata essenzialmente sul lavoro meccanizzato e programmato, fino all'automazione.

Il procedimento costruttivo assume una diversa caratterizzazione a seconda che sia finalizzato per produrre un oggetto unico, *irripetibile,* o per produrre un oggetto seriale, *ripetibile.* Alla produzione di un «oggetto unico» corrisponde in genere un'organizzazione di tipo artigianale e alla produzione di un «oggetto seriale» quella su basi industriali; tuttavia, specie nel settore edilizio, vi sono imprese che pur avendo una organizzazione industriale producono oggetti « unici », e viceversa imprese organizzate artigianalmente che producono oggetti « seriali » (piccola serie).

I procedimenti costruttivi degli oggetti edilizi intermedi (elementi costruttivi base preformati o preassembleati; elementi costruttivi funzionali prefabbricati) sono, in genere, oggi impostati, sia a livello artigianale che industriale, sulla produzione seriale.

I procedimenti nel cantiere edile, pur utilizzando materiali ed elementi costruttivi prodotti industrialmente, sono normalmente destinati alla realizzazione di un organismo irripetibile (anche se formato da più cellule tipo). In questo caso i procedimenti si dicono *tradizionali,* in quanto si basano esclusivamente su cicli di lavorazione che, nonostante l'introduzione delle macchine, si ricollegano a metodi operativi ampiamente sperimentati nel passato e ormai profondamente radicati nella prassi cantieristica.

Qualora i procedimenti costruttivi sono tali da realizzare direttamente in cantiere o attraverso la prefabbricazione in officina organismi edilizi o infrastrutture in modo seriale si diranno *industrializzati.*

L'introduzione dei procedimenti industrializzati sta ad indicare che l'industrializzazione nell'edilizia è ormai completa, poiché investe in modo diretto e totale l'organismo edilizio o l'opera infrastrutturale, dando luogo così all'*edilizia industrializzata,* di cui si tratta nella Parte III.

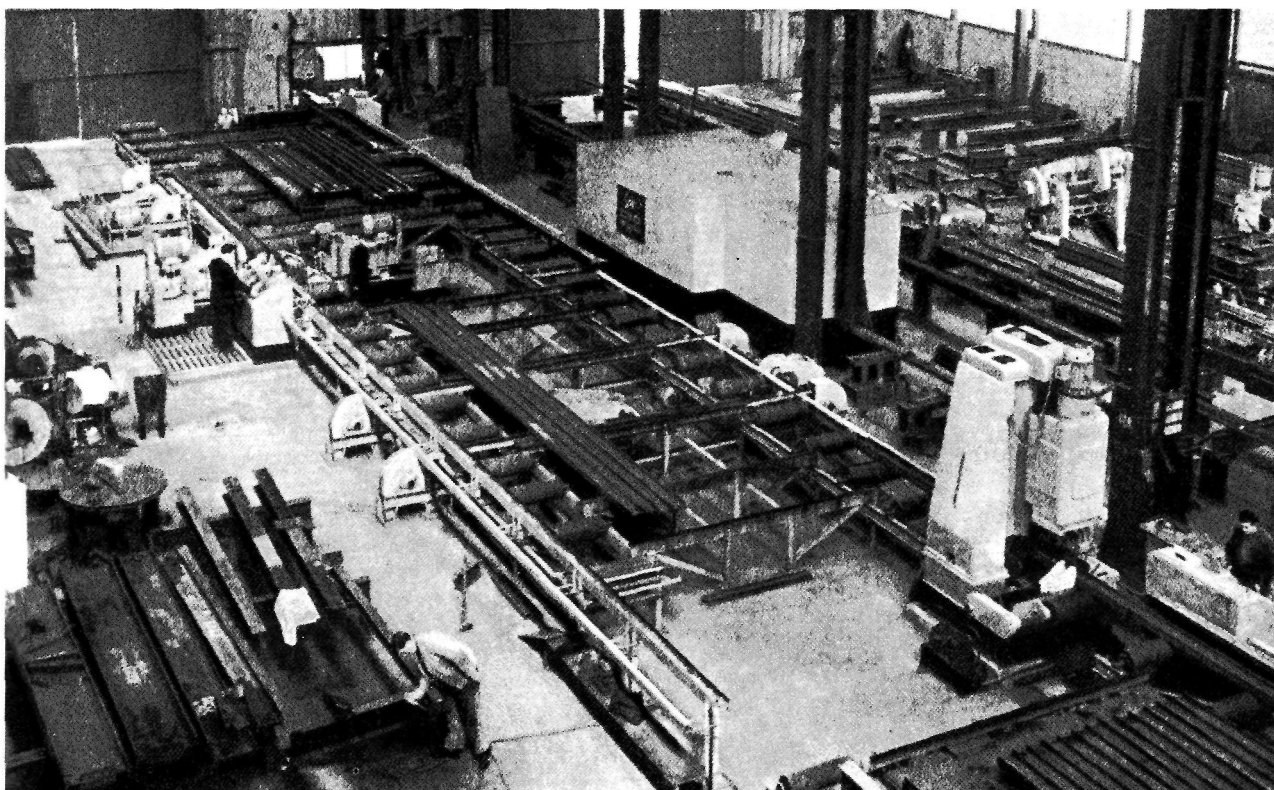
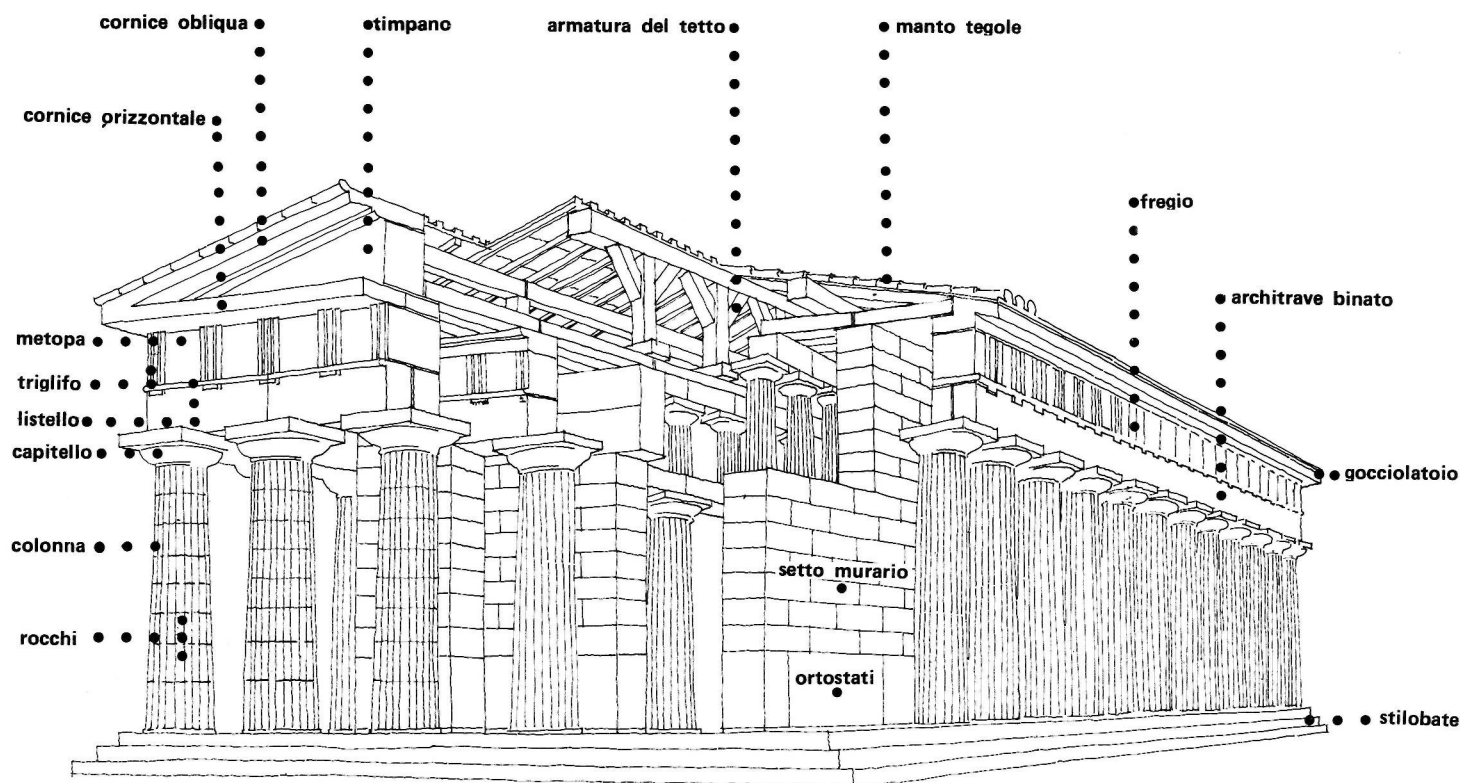



Fig. 130. Catena di lavorazione automatizzata per la produzione di elementi di carpenteria metallica nello stabilimento della società Sander & Forster (Inghilterra).

TAVOLE

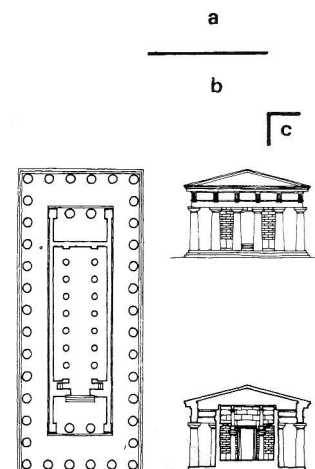
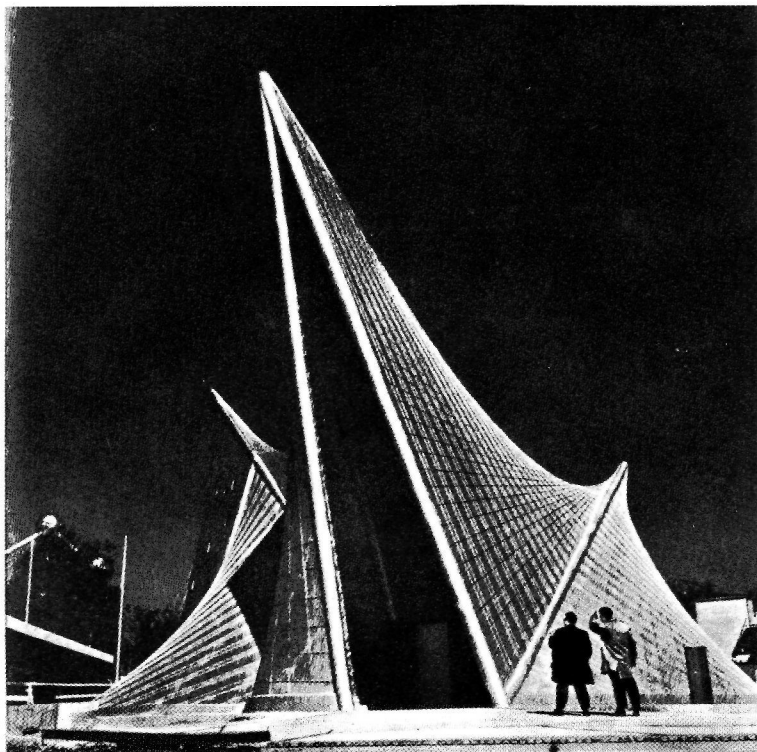
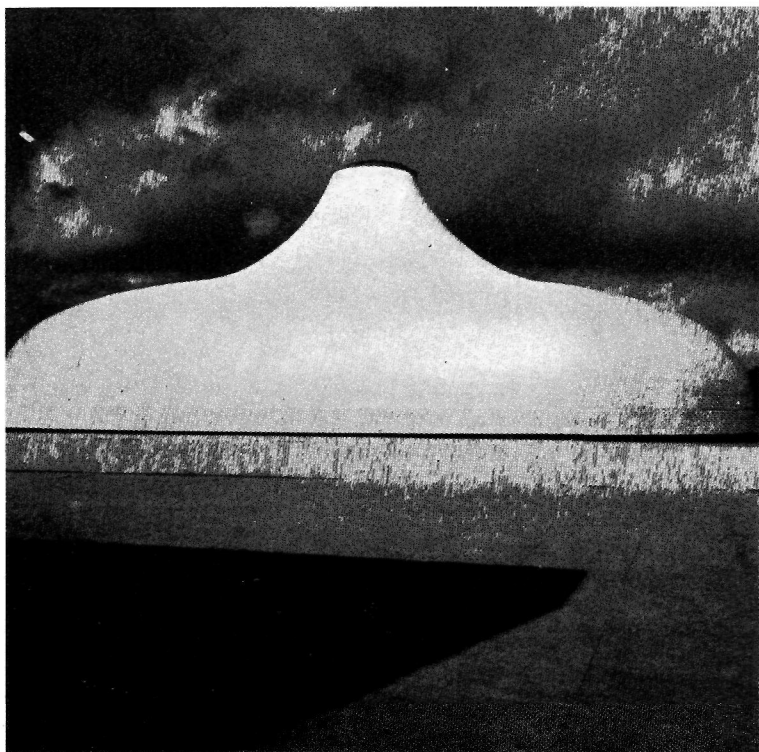
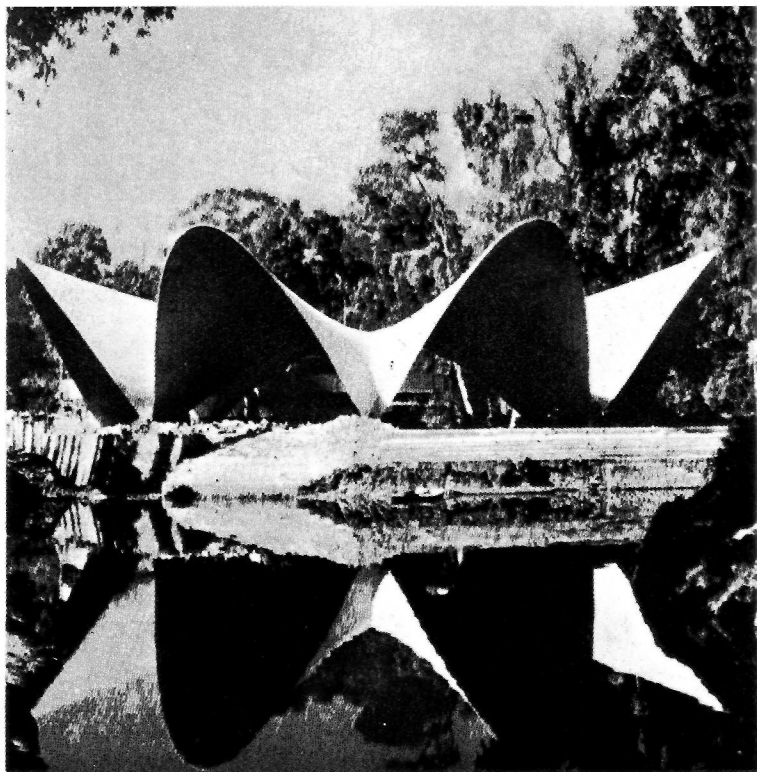
DA 37 A 105

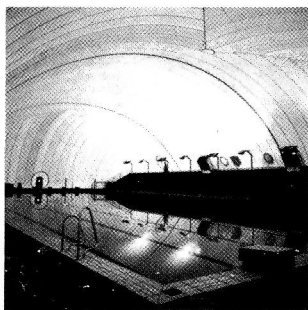
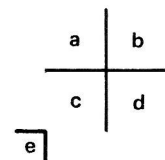
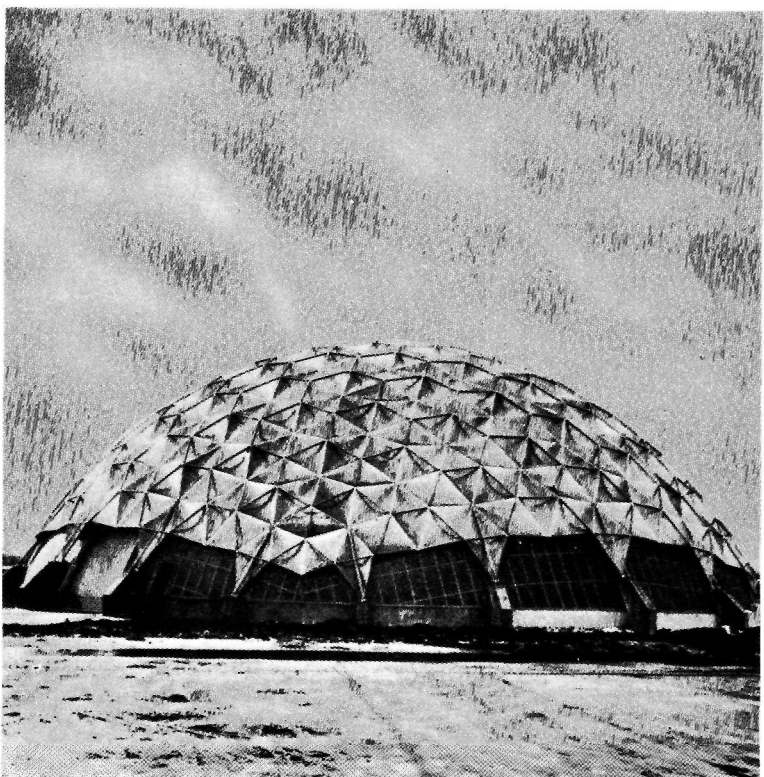
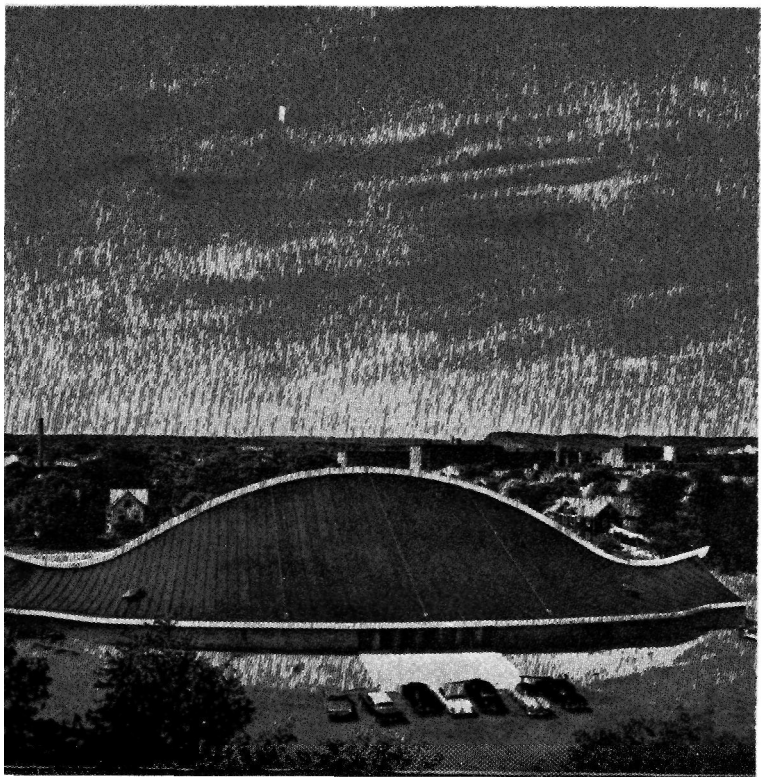
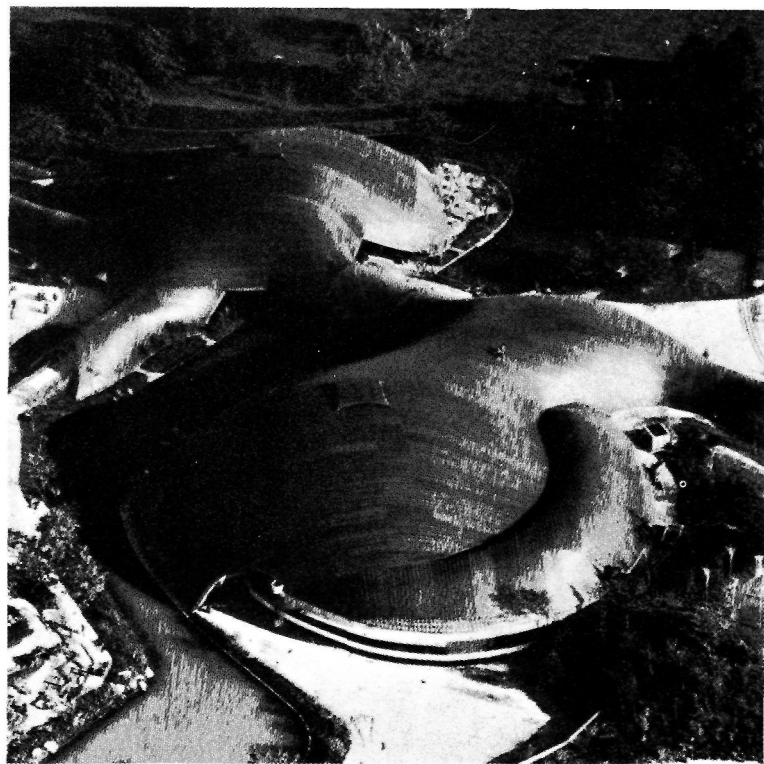
cornice obliqua
timpano
armatura del tetto
manto tegole
cornice orizzontale
fregio
architrave binato
metopa
triglifo
listello
capitello
gocciolatoio
colonna
setto murario
rocchi
ortostati
stilobate

TAV. 37. — L'APPARECCHIATURA COSTRUTTIVA

Nell'azione-progetto sono implicite la scelta dei «materiali» e l'individuazione delle loro modalità di impiego (dai materiali base agli elementi di fabbrica) in rapporto agli attributi globali che dovrà avere lo «spazio costruito»; cioè si definisce per quel determinato organismo edilizio il sistema di relazioni «costruttive» che ne rendono possibile la realizzazione: **l'apparecchiatura costruttiva.** Individuare l'apparecchiatura costruttiva è strumentalmente necessario per puntualizzare il ruolo di tutte le parti costituenti l'opera edilizia ai fini della delimitazione e classificazione dello spazio, del comfort ambientale e della sicurezza statica. Quindi solo apparentemente l'apparecchiatura costruttiva ha una propria identità in quanto non è altro che l'organismo stesso analizzato, « letto », sotto il profilo costruttivo (a, b, c). In sostanza, definire l'apparecchiatura costruttiva nell'azione-progetto significa individuare la **tecnica** per realizzare una determinata forma, o «spazio costruito». Con il metodo di analisi assunto l'apparecchiatura costruttiva **(sistema costruttivo)** può a sua volta essere disaggregata in parti tra loro correlate, gli **elementi di fabbrica,** classificati in base al ruolo che assumono sia ai fini della definizione dello «spazio costruito» sia del comfort ambientale e della sicurezza statica (vedi da Tav. 38 a 51). In rapporto a tale finalità gli elementi di fabbrica rappresentano ciascuno l'insieme omogeneo e correlato **(subsistema)** di elementi costruttivi funzionali del medesimo tipo o di tipo diverso.

a, b, c, il tempio di Hera (detto di Poseidone) a Paestum.

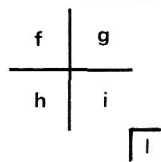
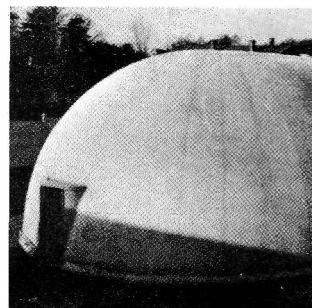
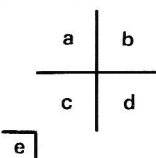
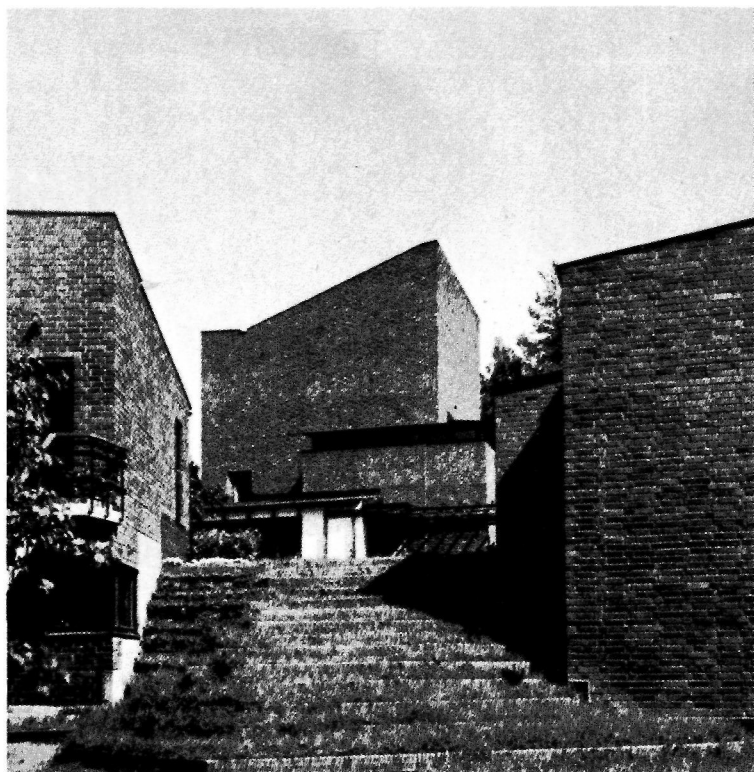
a	b
c	d

e

TAVV. 38-39. — GLI ELEMENTI DI FABBRICA: INVOLUCRO GLOBALE IG

Con il termine **involucro globale** si intende l'elemento di fabbrica che separa lo spazio interno da quello esterno con una configurazione tendente al globale e quindi funge al tempo stesso da chiusura e copertura; cioè non esistono tra le parti costituenti discontinuità tali da consentire una distinzione tra chiusure verticali e chiusure orizzontali di copertura.
Da un punto di vista statico-costruttivo si può avere: l'involucro «autoportante» ottenuto con conci, con getti, o con un ordito spaziale di elementi lineari sorreggenti il manto di chiusura; l'involucro «gonfiabile»; l'involucro

a, abitazione primitiva in Tanzania; b, locale notturno ad Acapulco in Messico, ing. F. Candela;ce. Museo a Gerusalemme F. Kieslers; d, padiglione Philips all'Esposizione Universale di Bruxelles, arch. Le Corbusier;

(segue)

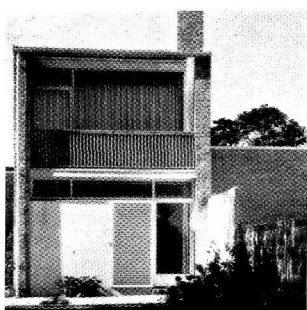
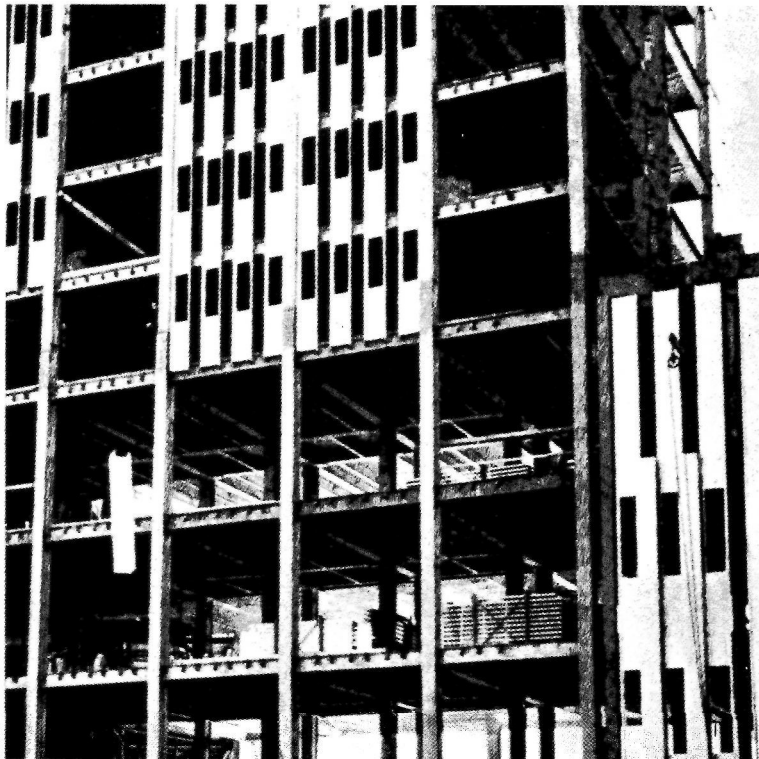
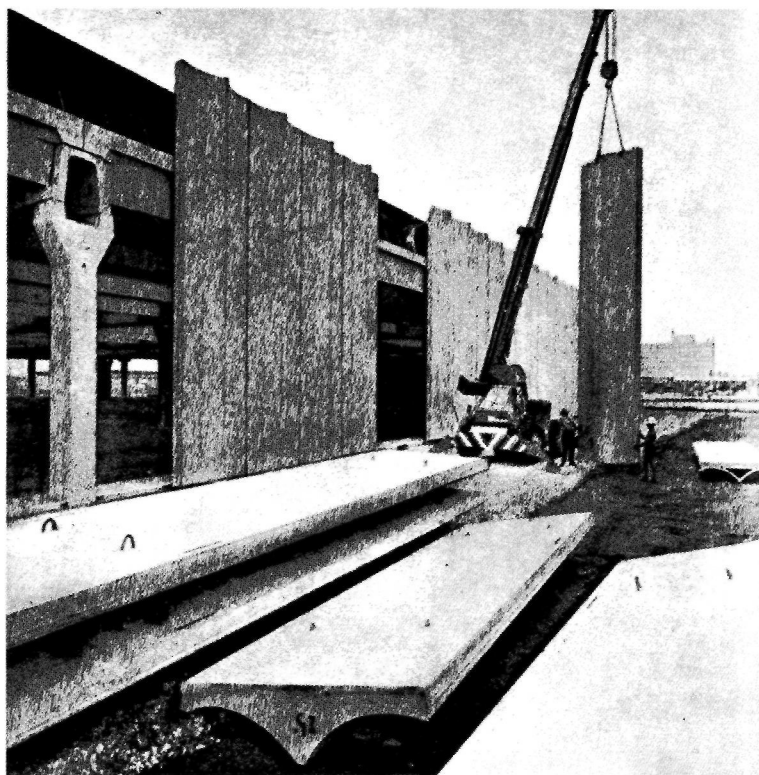
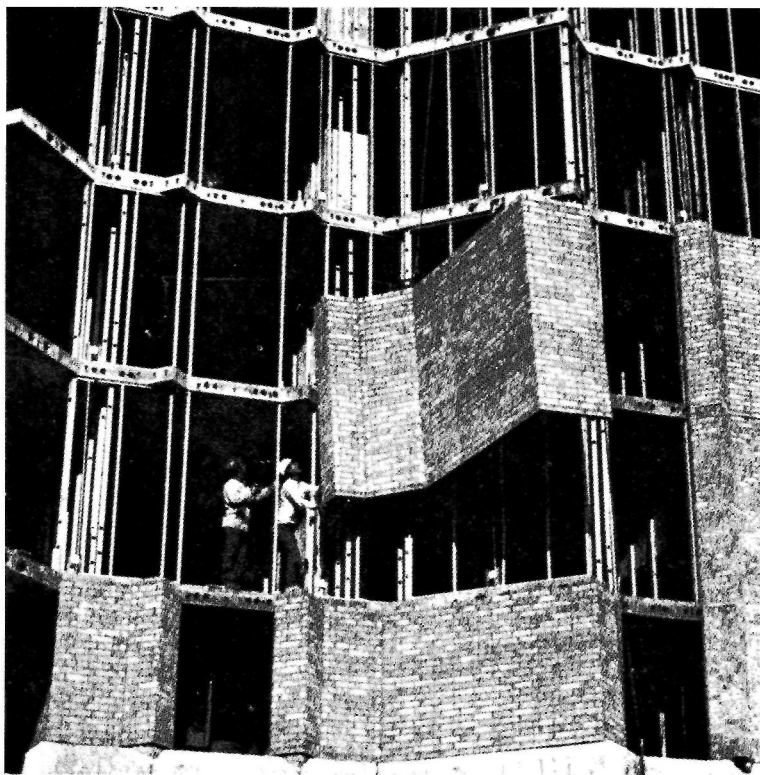
« portato da sostegni indipendenti », che costituiscono il subsistema scheletro portante (vedi anche da Tav. 84 a 90),

L'involucro globale, unitamente alla chiusura orizzontale di base, può esaurire l'intero organismo; d'altra parte vi possono essere organismi edilizi a involucro globale nei quali lo spazio interno è suddiviso con chiusure orizzontali intermedie e-o partizioni interne.

I procedimenti costruttivi per realizzare l'involucro globale possono essere sia tradizionali che industrializzati.

f, deposito per locomotive, arch. B. Füller; g, mercato dei fiori a Mannheim, arch. F. Otto; h, stadio per hochey nell'Università di Yale a New Haven, arch. E. Saarinen; i, cupola poliedrica in alluminio di B. Füller; e, l, interno ed esterno di involucro globale gonfiabile.

TAVV. 40-41. — GLI ELEMENTI DI FABBRICA: CHIUSURE VERTICALI CV

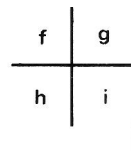
Con il termine **chiusure verticali** si intende l'elemento di fabbrica, di qualsiasi forma, che costituisce inviluppo verticale dello «spazio costruito». In tal senso è significativa la figura (a) in cui si vede realizzare in modo elementare la chiusura perimetrale di una abitazione primitiva. Nell'ambito delle CV sono ovviamente compresi i serramenti. Dal punto di vista statico-costruttivo le CV possono essere portanti o portate (tamponature e serramenti); nel primo caso soddisfano le esigenze sia statiche che di comfort, nel secondo soltanto quelle del comfort ambientale.

Nelle apparecchiature costruttive «piane» le pareti portanti costituiscono la matrice geometrico-costruttiva dell'organismo edilizio. Nelle apparecchiature costruttive « piano-lineari » le tamponature e i serramenti coprono i campi determinati dalla trama dello scheletro portante.

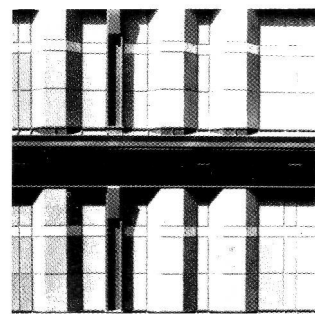
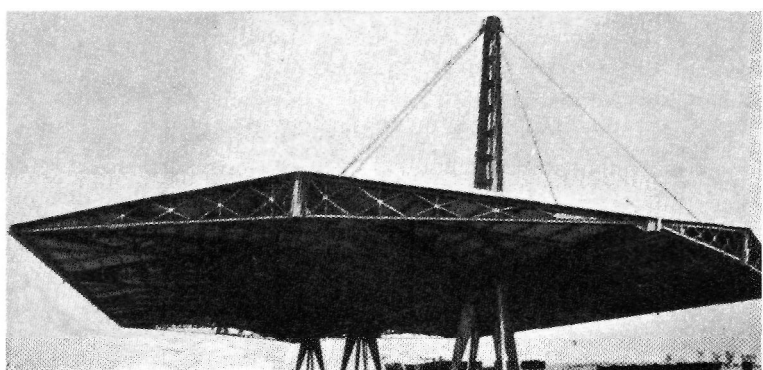
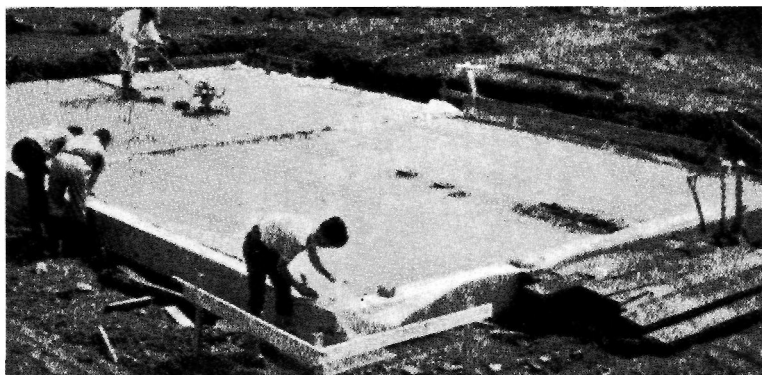
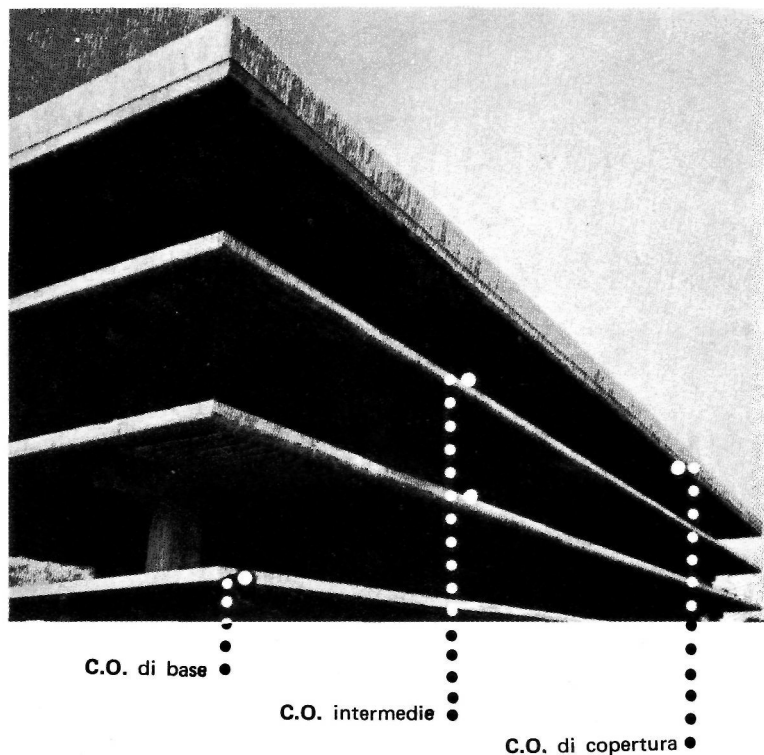
a, costruzione di una comunità primitiva (Dani); b. Municipio di Säynatsälo (arch. A. Aalto); c, edificio per uffici a Roma (Coop. archh. e ingg. di Reggio Emilia); d, edificio per uffici a Roma (archh. Calini e Montuori); e, casa unifamiliare a Copenaghen (arch. A. Jacobsen).

(segue)

Le pareti portanti possono essere realizzate sia con procedimenti tradizionali in opera (ad es., ossatura muraria, b; getti di calcestruzzo) sia con procedimenti industrializzati (ad es., pannelli portanti realizzati in officina, vedi Tav. 54, a). Le tamponature possono essere realizzate: in opera (c); prefabbricate a pié d'opera, ad es., in laterizio o in c.a. (Tavv. 111, g); prefabbricate in officina con diversi materiali (ad es. con calcestruzzi ordinari o leggeri, f; con materie plastiche, g; in acciaio o alluminio, h; ecc.). I serramenti sono prodotti correntemente in stabilimento e al limite possono costituire l'intera chiusura verticale, come è il caso dei courtain-walls (d).

f	g
h	i

l

f, pannelli-facciata prefabbricati in laterizio; g, pannelli-facciata prefabbricati in c.a. per edifici industriali; h, pannelli-facciata in poliestere rinforzato, riempiti in calcestruzzo leggero, edificio a Westminster-city; i, pannelli in lamiera di alluminio anodizzato della «Maison della Radio» a Parigi; l, tamponature prefabbricate della «Rinascente» a Roma.

a	b
c	e
d	f

g

TAVV. 42-43. — GLI ELEMENTI DI FABBRICA: CHIUSURE ORIZZONTALI CO

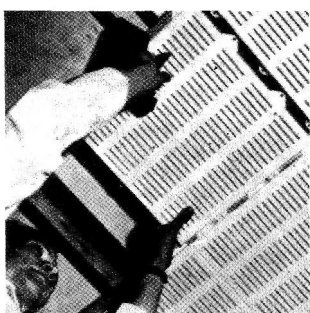
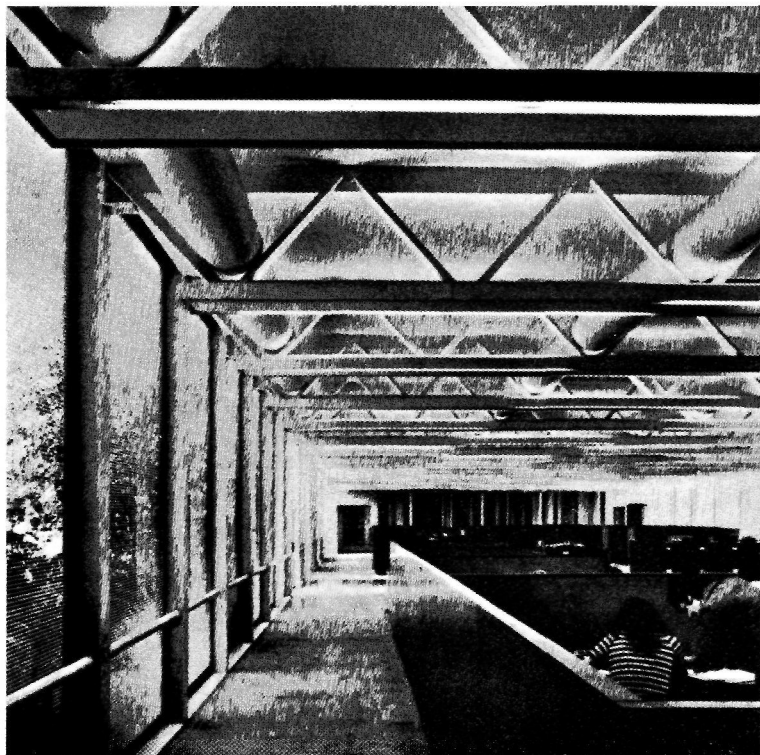
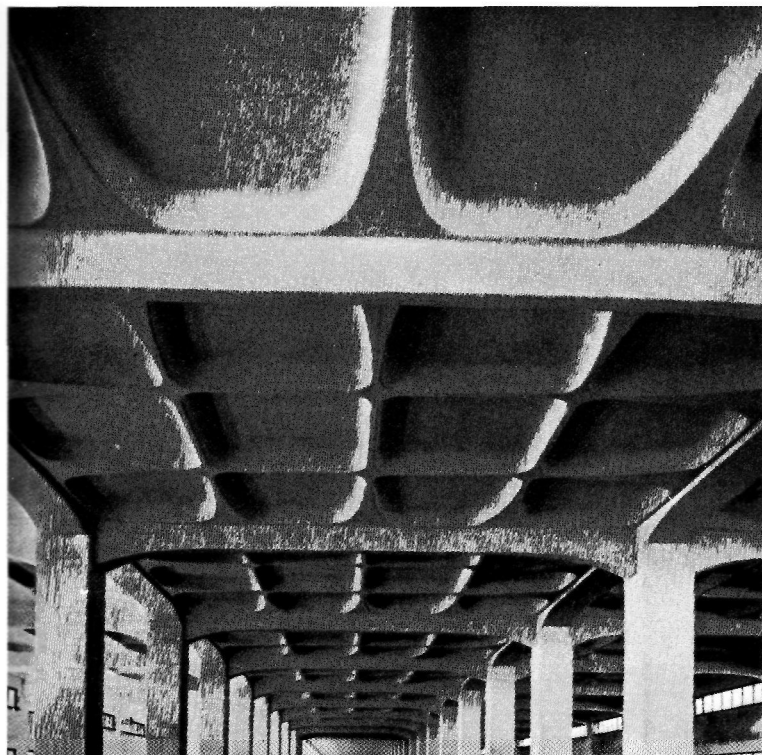
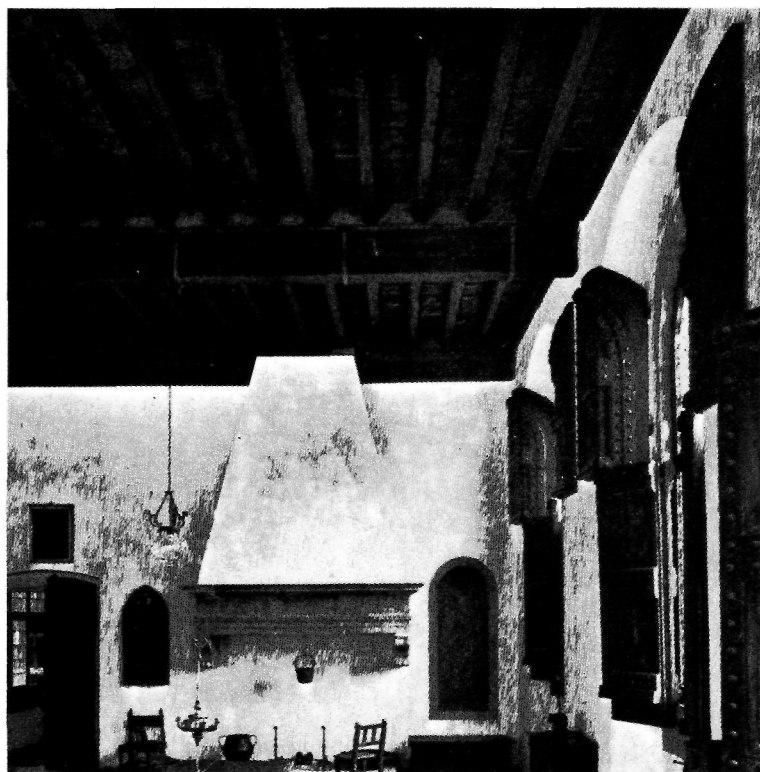
Con il termine **chiusure orizzontali** si intende l'elemento di fabbrica, di qualsiasi forma, che costituisce chiusura e delimitazione sull'orizzontale dello «spazio costruito».

Nell'ambito dell'organismo edilizio possono avere un diverso ruolo e collocazione: **CO di copertura,** di cui la figura (a) è esempio emblematico; **CO intermedie,** per gli organismi pluripiano **(b); CO di base,** come separazione tra lo spazio interno e il suolo edificatorio (c, d).

Dal punto di vista statico-costruttivo le CO sono portate dall'ossatura muraria o dallo scheletro portante (elementi portanti principali) e debbono sopportare, quali elementi portanti secondari, oltre al peso proprio anche i carichi accidentali ed eventuali carichi fissi; al tempo stesso ai fini del comfort ambientale debbono avere specifiche caratteristiche di prestazione a seconda che siano di copertura, intermedie o di base.

Le CO si identificano costruttivamente, nel caso più generale, con un **pacchetto plurinfunzionale** che può essere così schematizzato:

A) **parte resistente,** che può risultare: un vespaio con sovrastante massetto (d); un solaio ad ordito più impalcato (i, m); un solaio ad impalcato autoportante (l); una volta (h);

a, indigeni della Guinea che trasportano una copertura; b, edificio in costruzione in c.a.; c, d, chiusure orizzontali di base in costruzione; e. Casa Rossa, P. Webb; f, capannone industriale a Roma; g, posa in opera di un controsoffitto.

(segue)

B) **parte di completamento all'estradosso** (assorbita in A se a « rustico-finito »), che può essere costituita da: strato di pavimentazione o manto di copertura con sottostanti strati isolanti o impermeabili; sovraimpalcato **(n);**

C) **parte di completamento all'intradosso** (assorbita in A se a «rustico-finito», i), che può essere costituita da: strati di intonaco e tinteggiatura (h), eventuale strato isolante; controsoffitto **(g);**

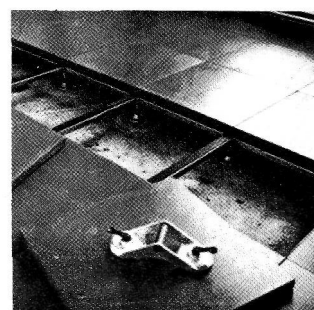
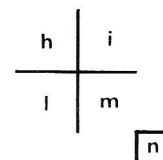
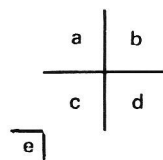
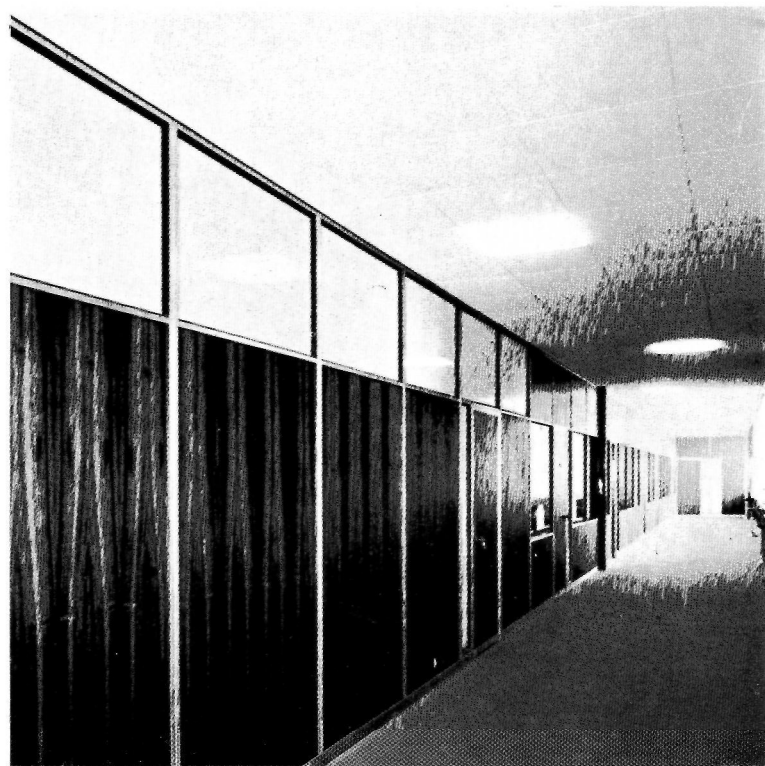
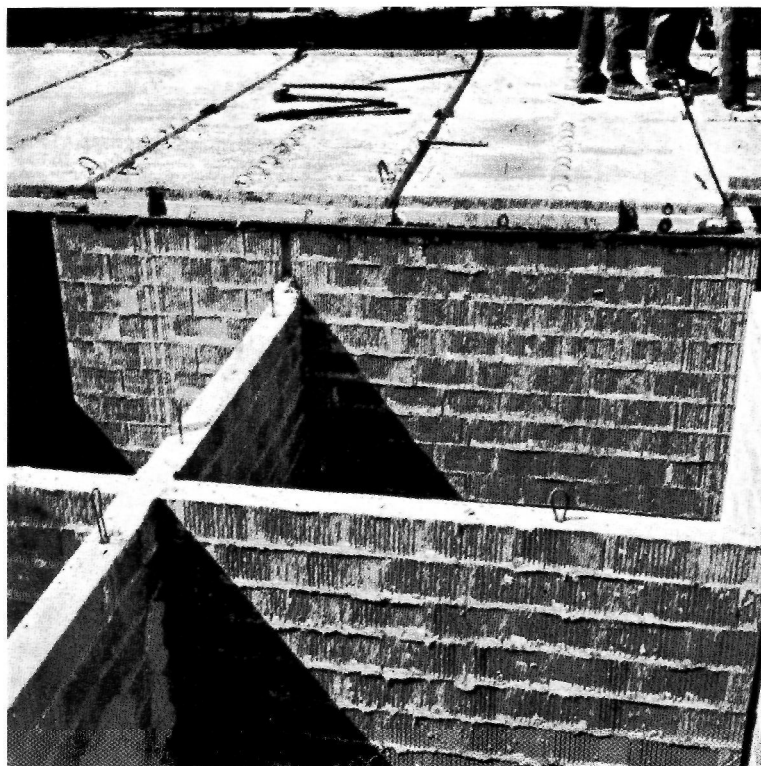
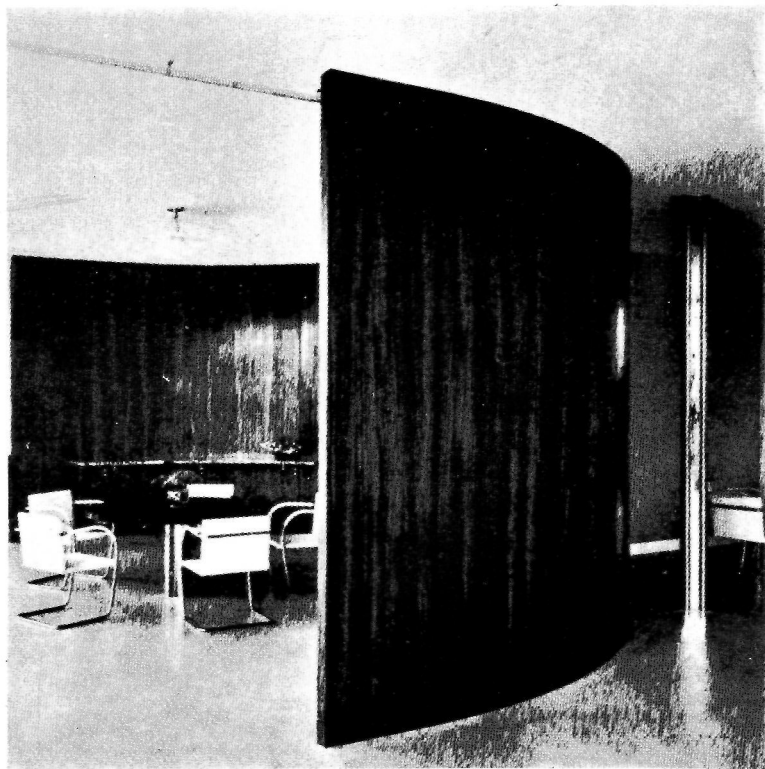
D) **parte destinata alla collocazione degli impianti** ricavabile: nell'ambito della parte resistente; nel vuoto tra soffitto e contro-soffitto; al di sotto del sovraimpalcato; negli strati di finitura all'estradosso e all'intradosso;

E) **parti trasparenti o traslucide,** come strati in vetrocemento, manti traslucidi, lucernai.

Le CO possono essere realizzate, tutte o in parte, con procedimenti tradizionali in opera o con procedimenti industrializzati (in opera o fuori opera).

Dal punto di vista geometrico-costruttivo le CO possono essere: « piano-orizzontali » (b, c, d, i, l, m); « piano inclinate» (e, f); «spaziali a volta» (h). Quando la chiusura orizzontale di copertura si identifica con l'organismo edilizio rientra nell'EF «involucro globale» (vedi Tavv. 38, 39).

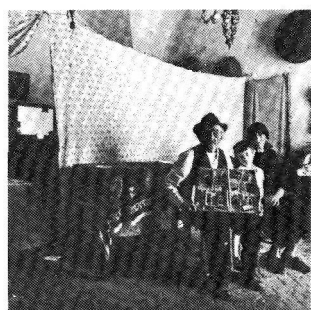
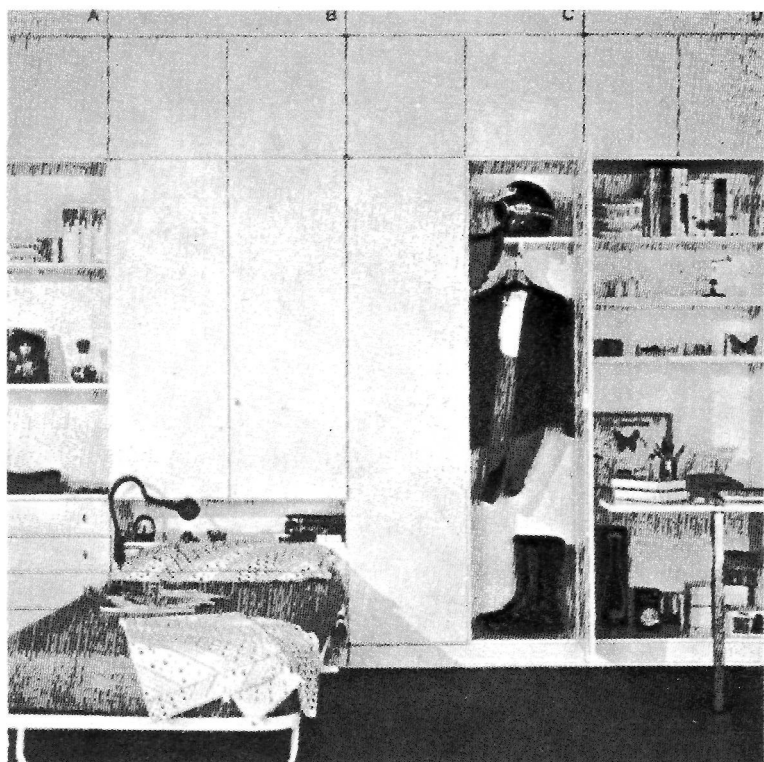
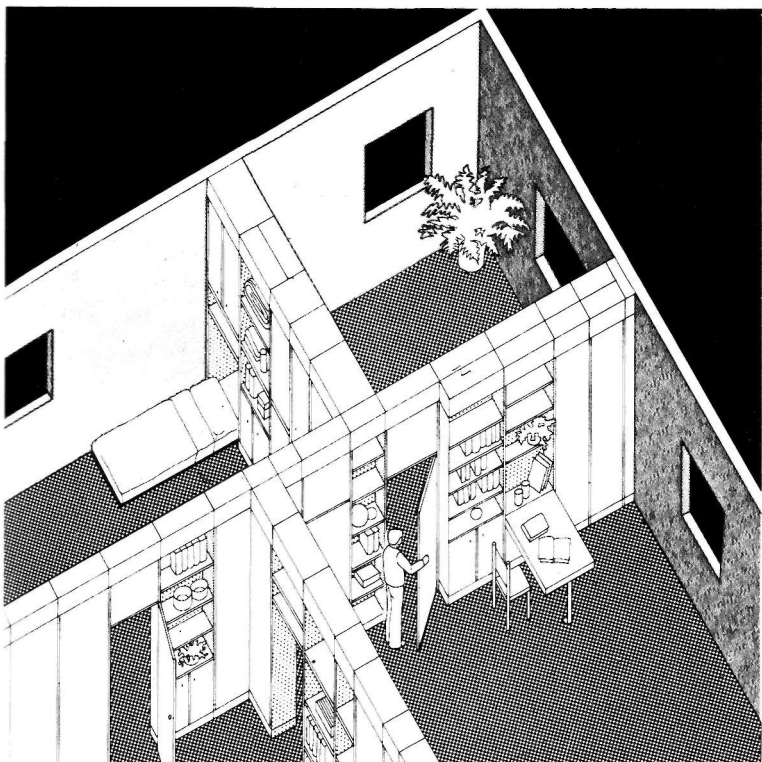
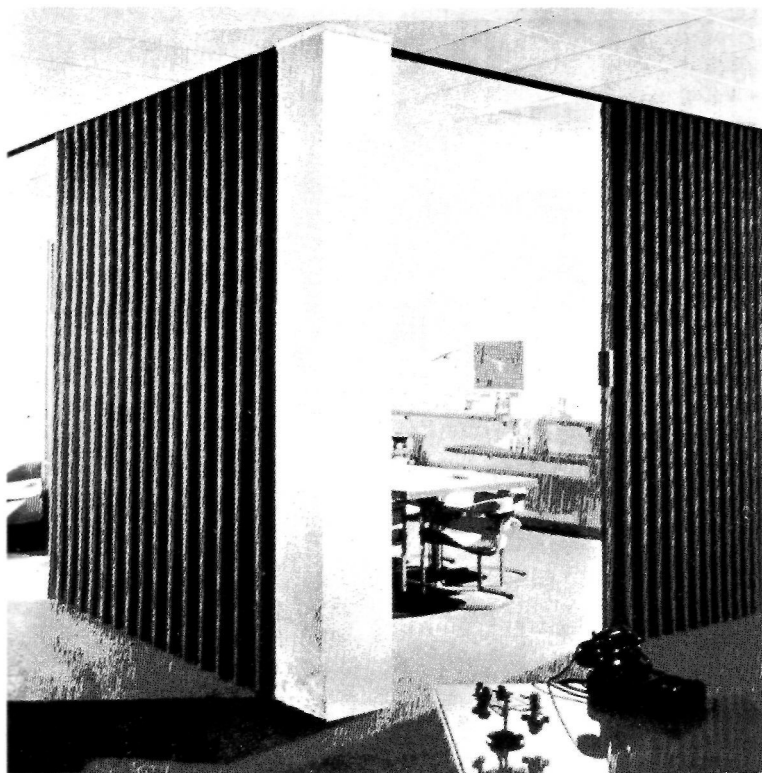
h, il Bargello a Firenze; i. Palazzo Home a Firenze; l, «nuova manifattura» Tabacchi a Bologna; m, interno della Irvin Union Bank; n, sovraimpalcato.

a | b
c | d
e

TAVV. 44-45. — GLI ELEMENTI DI FABBRICA: PARTIZIONI INTERNE PI

Con il termine **partizioni interne** si intende l'insieme degli elementi (di qualsiasi forma) impiegati per la suddivisione verticale delio spazio interno dell'organismo edilizio.

Da un punto di vista statico-costruttivo le PI possono essere portanti o portate: nel primo caso soddisfano alle esigenze statiche e di comfort, nel secondo devono essenzialmente rispondere alle esigenze di comfort, in particolare assicurare l'isolamento acustico tra un ambiente e l'altro.

I serramenti, visti come partizioni apribili per la comunicazione tra ambienti contigui, fanno parte del subsistema PI.

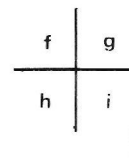
Le **partizioni interne portanti,** cioè pareti di spina e trasversali, possono essere realizzate in opera in modo tradizionale o con procedimenti industrializzati in opera o fuori opera (c).

a, interno di antica casa giapponese, b, partizione fìssa in legno, casa Tugendhat a Brno (arch. Mies Van der Rohe); c, partizioni interne portanti prefabbricate; d, partizioni interne «spostabili» per uffici; e, la partizione interna «mobile» dei poveri.

(segue da Tavv. 44-45)

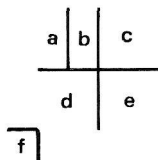
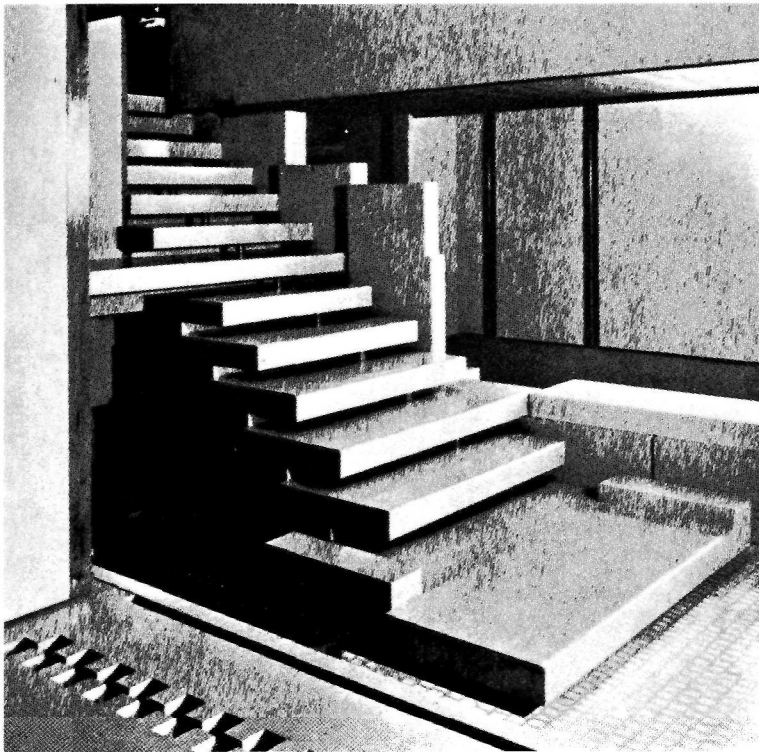
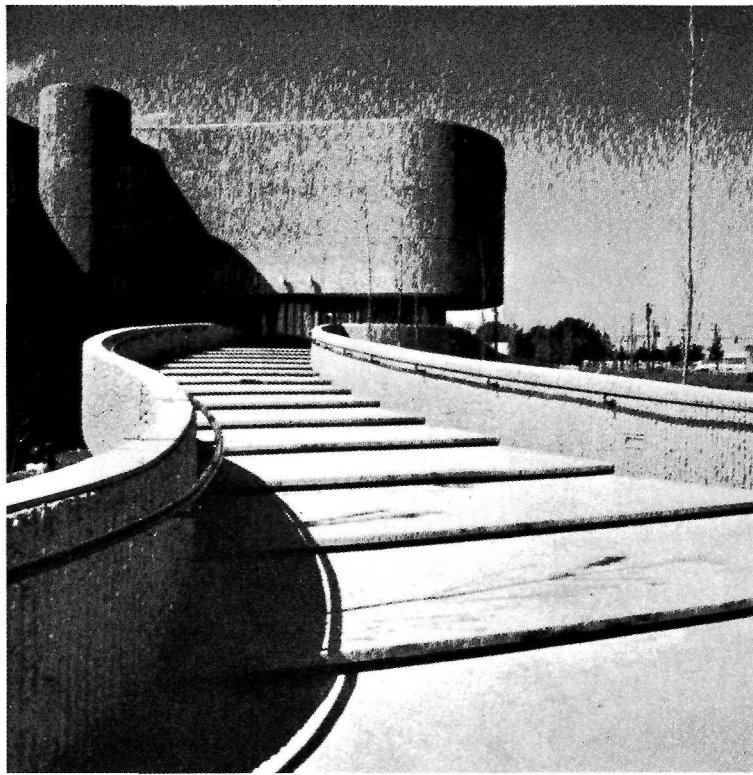
l

Le tramezzature, partizioni interne portate, possono essere: **fisse (b),** cioè le tramezzature tradizionali in opera e i pannelli-tramezzo prodotti in officina; **spostabili,** in genere prodotte industrialmente e comprensive di serramenti; **mobili,** come gli scorrevoli (a), i soffietti (f), le tende (g), prodotti artigianalmente o industrialmente.

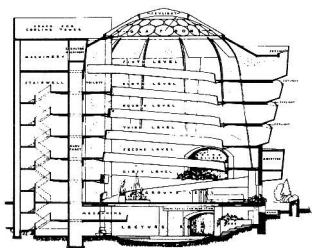
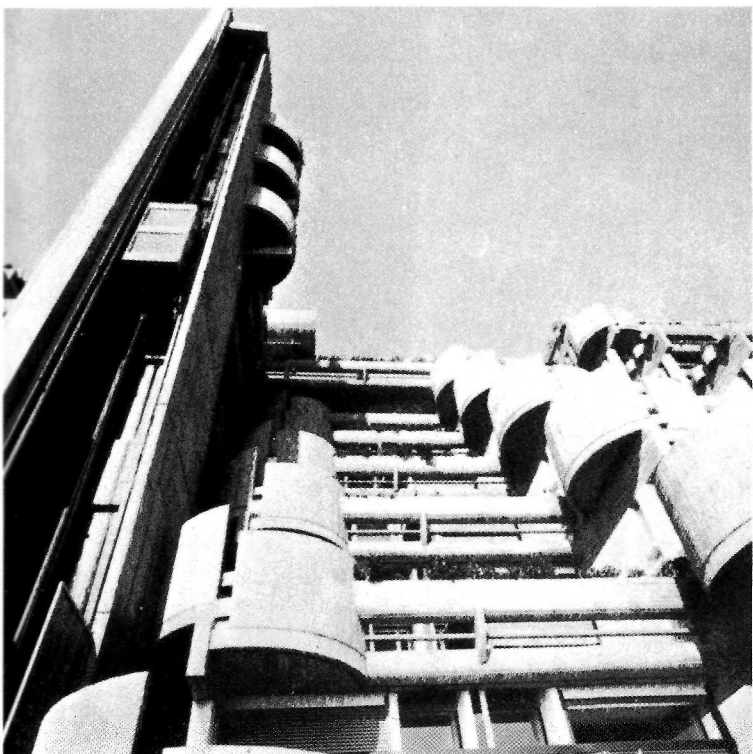
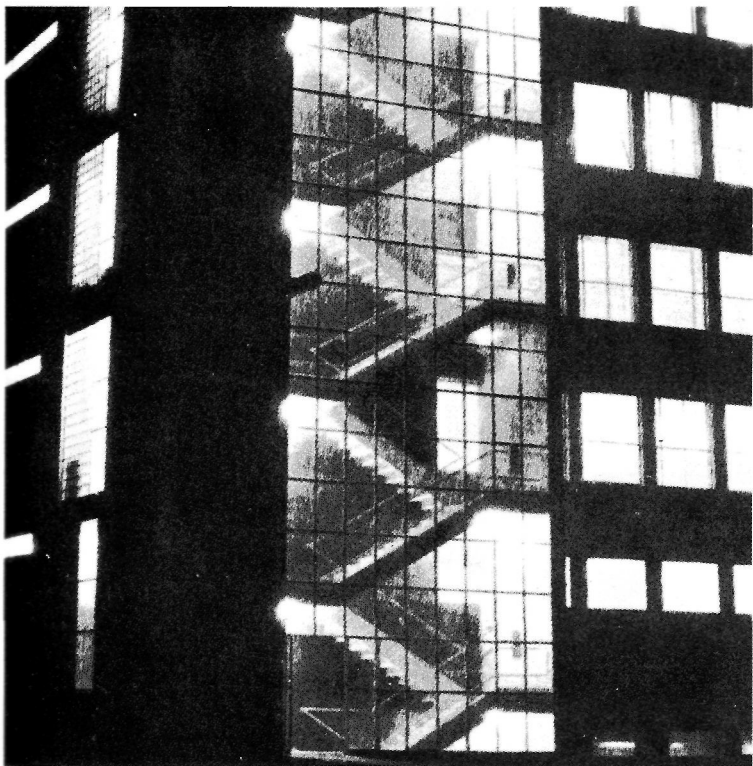
Le **pareti attrezzate,** in genere prodotte industrialmente come elementi costruttivi funzionali complessi, possono essere: **di canalizzazione,** cioè contenitori di schemature per impianti (vedi Tav. 55, **g),** di **utilizzazione,** cioè contenitori di arredi, comprensive di porte (h, i).

I serramenti vengono prodotti in modo artigianale o industrialmente in serie.

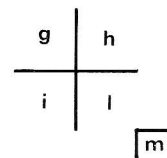
Da un punto di vista geometrico-costruttivo le partizioni interne possono essere «piane» e «spaziali», ad es. a guscio.

f, partizioni «mobili» a soffietto; g, partizioni a tenda e fissa in marmo, casa Tugendhat a Brno (arch. Mies Van der Rohe); h, i, pareti attrezzate spostabili di produzione industriale; l, pareti scorrevoli.

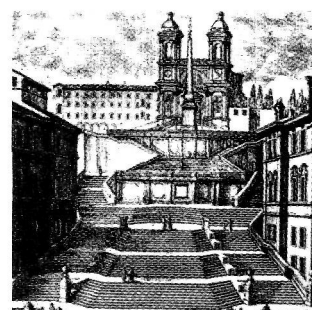
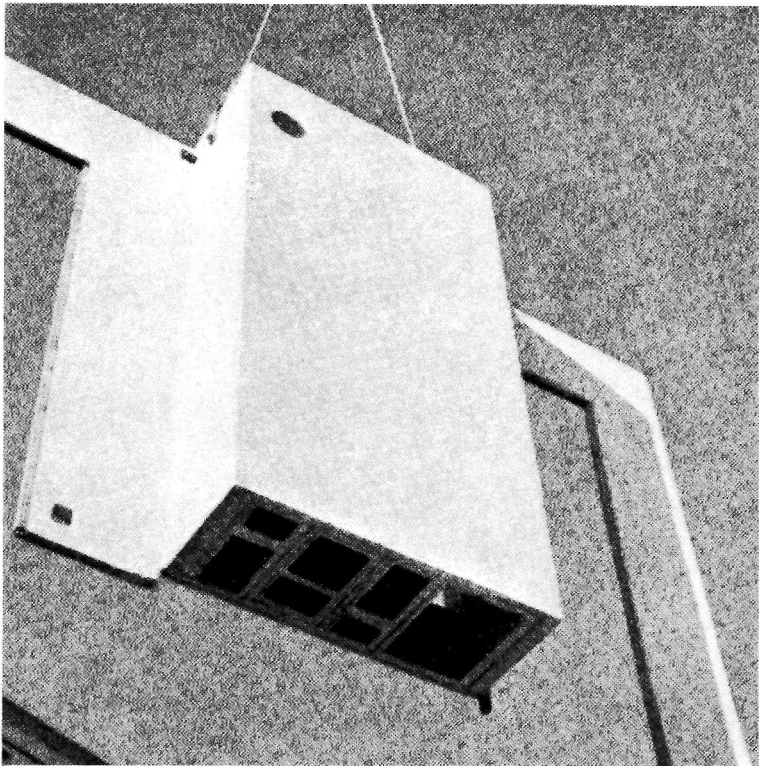
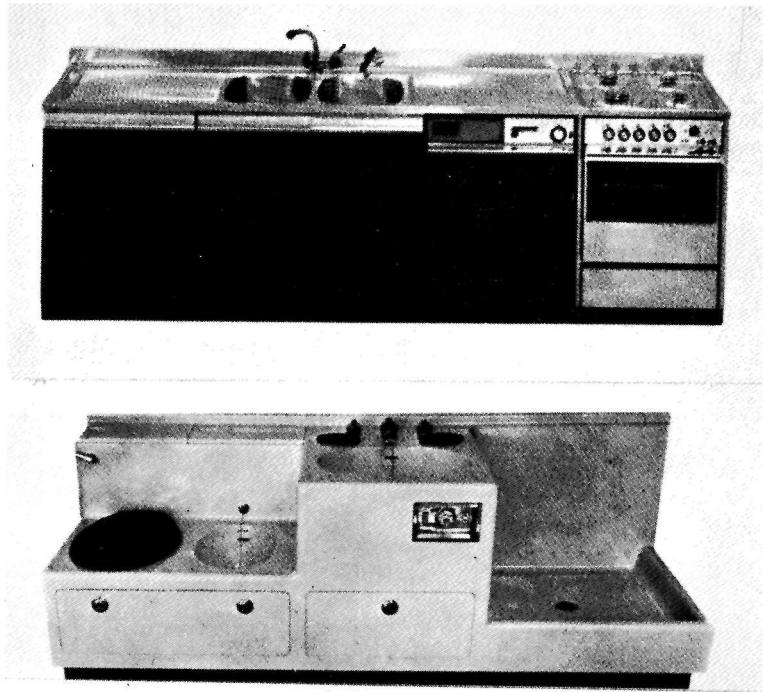
a | b | c
d | e
f

TAVV. 46-47 — GLI ELEMENTI DI FABBRICA: ELEMENTI DI COMUNICAZIONE VERTICALE ECV

Con il termine **elementi di comunicazione verticale** si intende l'insieme degli elementi necessari per porre in comunicazione piani disposti a quote diverse. Gli ECV comprendono: il **corpo scala** e **il corpo ascensore.** Questi, che possono risultare anche uniti, sono costituiti nel caso più generale: **dall'involucro,** o incorporato nell'ossatura portante dell'organismo (g), o costruttivamente e formalmente differenziato (h, i); dalla **scala fissa** (rampe, pianerottoli, ringhiere d, e, g) o dalla **scala meccanica,** a rampa semplice o a rampe parallele (l); dall'ascensore (cabina, guide e apparecchiature meccaniche, i).

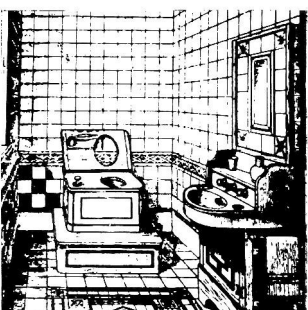
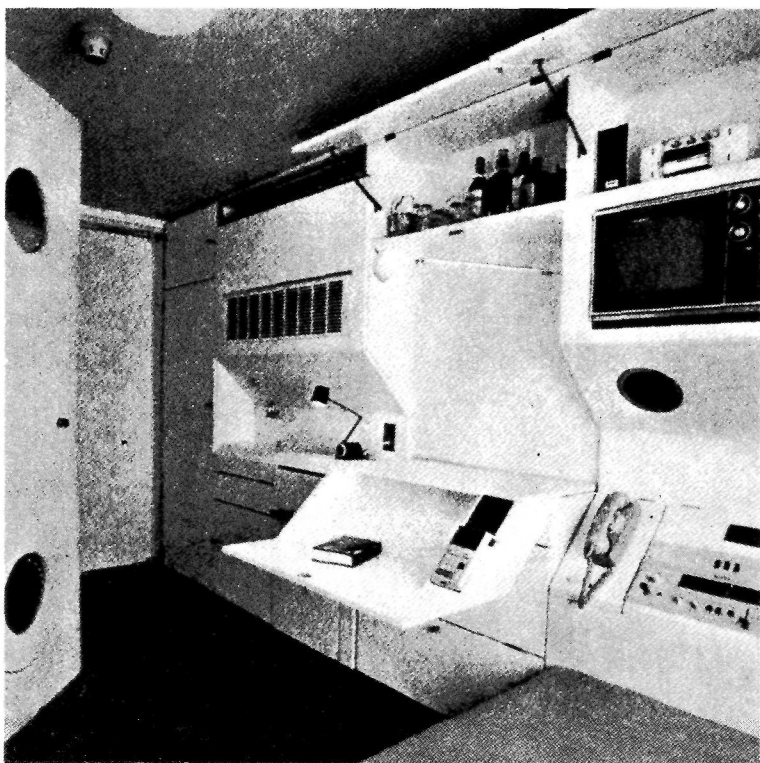
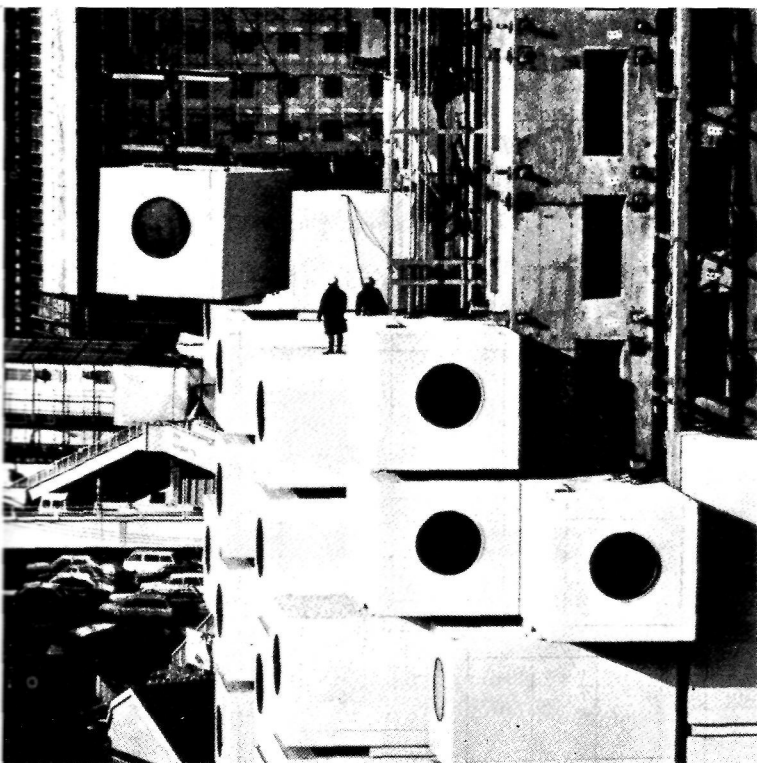
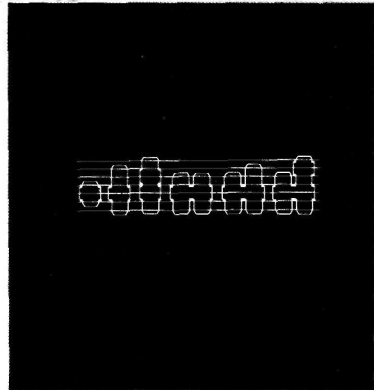
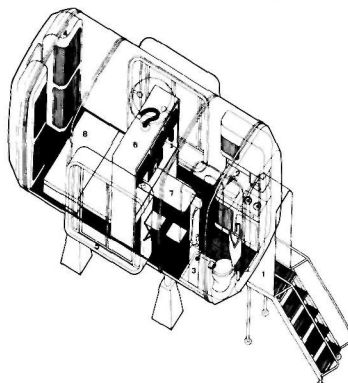
L'involucro può risultare compartecipante alla resistenza dell'intero organismo, ad es. come nucleo controventante in edifici d'acciaio.

a, b, scale in legno di abitazioni primitive; c, gradonata esterna (arch. P. Rudolph); d, scala interna a rampa rettilinee (arch. C. Scarpa); e, scala «avvolgente» (archh. F. Albini e F. Helg); f, sezione del Guggenheim Museum a New York (arch. F. L. Wright).

(segue)

La scala può essere priva di involucro, cioè si configura o come elemento di comunicazione tra differenti livelli di uno stesso ambiente (a, d, l), oppure come elemento di accesso esterno (b, c), in particolare le scale « in vista » per la sicurezza antincendio. Da un punto di vista costruttivo l'involucro, nella generalità dei casi, è realizzato in opera, mentre la scala, nelle sue parti costituenti, può essere realizzata in opera, o prefabbricata a pié d'opera o in officina. Da un punto di vista geometrico-costruttivo la scala può avere diverse conformazioni, da quella a rampe rettilinee (a, b, d, g) a quella avvolgente (e).

L'elemento di comunicazione verticale, al limite, può identificarsi con l'intero organismo (f); inoltre può essere determinante nella configurazione di uno spazio urbano (m).

g, stabilimento della « Farmitalia» a Milano (archh. G. L. Giordani, !. Malaguzzi); h, edifici residenziali del « Gallaratese » (arch. C. Aymonino); i, albergo a Taormina (arch. A. Gatti); l, scala meccanica a rampe parallele; m, piazza di Spagna a Roma.

a | b
c | d
e

TAV. 48. — GLI ELEMENTI DI FABBRICA: BLOCCHI FUNZIONALI BF

I blocchi funzionali, impiegati per esigenze di comfort sono entità tridimensionali con le seguenti funzioni: **BF per canalizzazioni di impianti,** con diverse conformazioni a seconda dell'impianto a cui sono destinati; in genere costituiti da un involucro spaziale che incorpora più canalizzazioni (c), di norma integrabili con le partizioni interne; **BF di utilizzazione,** «raggruppamenti di apparecchi», come il gruppo-cucina e il gruppo-bagno (b), o i « blocchi-ambiente » bagno o cucina (d). I blocchi-ambiente rappresentano l'anello di passaggio con le cellule spaziali; infatti sono delle entità abitabili di servizio complete di tutti gli elementi impiantistici compresi gli apparecchi di utilizzazione. I BF sono prodotti industrialmente e comunque con lavorazioni in officina. La realizzazione di appositi manufatti per migliorare il comfort e semplificare le attività di servizio è rintracciabile nell'edilizia dei passato, basterà ricordare ad es. i forni esterni delle abitazioni primitive (a), il camino tradizionale e, in tempi più recenti, i primi elementi igienico-sanitari del XIX sec; in ogni modo i blocchi funzionali hanno acquisito una specifica caratterizzazione formale e costruttiva, come quella attuale, in seguito allo sviluppo tecnologico dell'impiantistica dalla fine del 1800 ad oggi.

a, forno annesso alla casa, popolazioni Lapponi; b, gruppo-cucina e gruppo-bagno prodotti industrialmente; c, blocco funzionale di canalizzazione; d, blocco-ambiente, formato da due bagni sovrapposti; e, i gruppi-bagno del passato.

TAV. 49. — GLI ELEMENTI DI FABBRICA: CELLULE SPAZIALI CS

Con il termine **cellule spaziali** si intendono gli elementi di fabbrica che si configurano come entità volumetriche abitabili (d, e). Ne è esempio embrionale la fig. a, ma oggi le CS si identificano soltanto con un prodotto industriale finito, in tutte le sue parti, in officina.

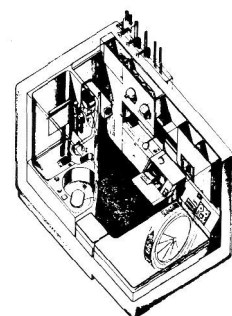
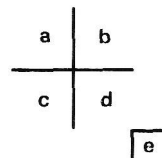
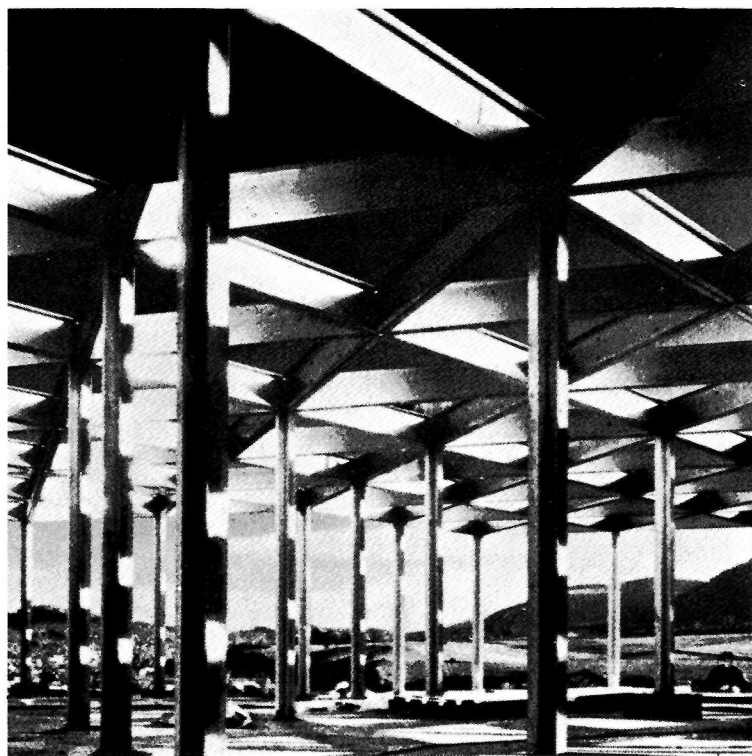
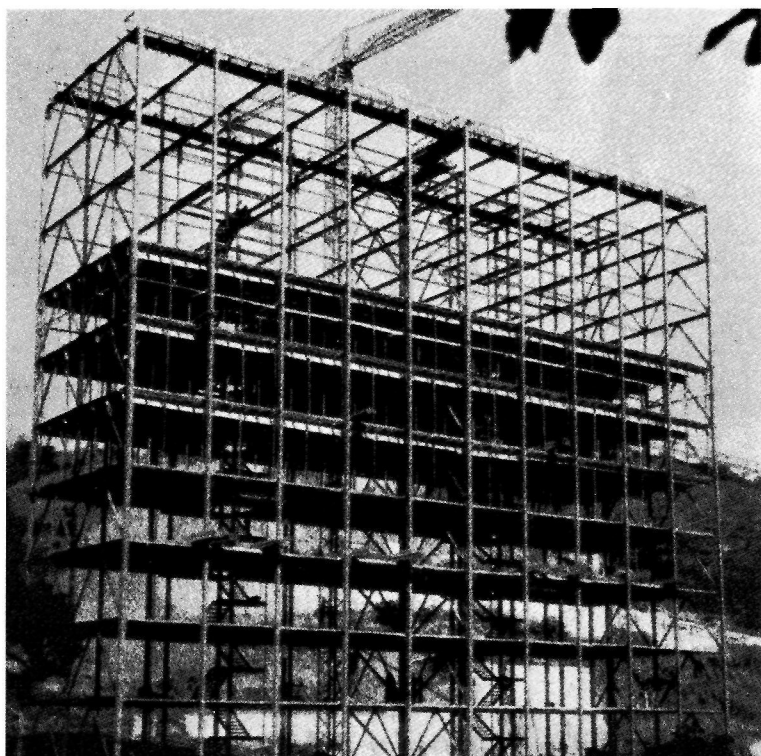
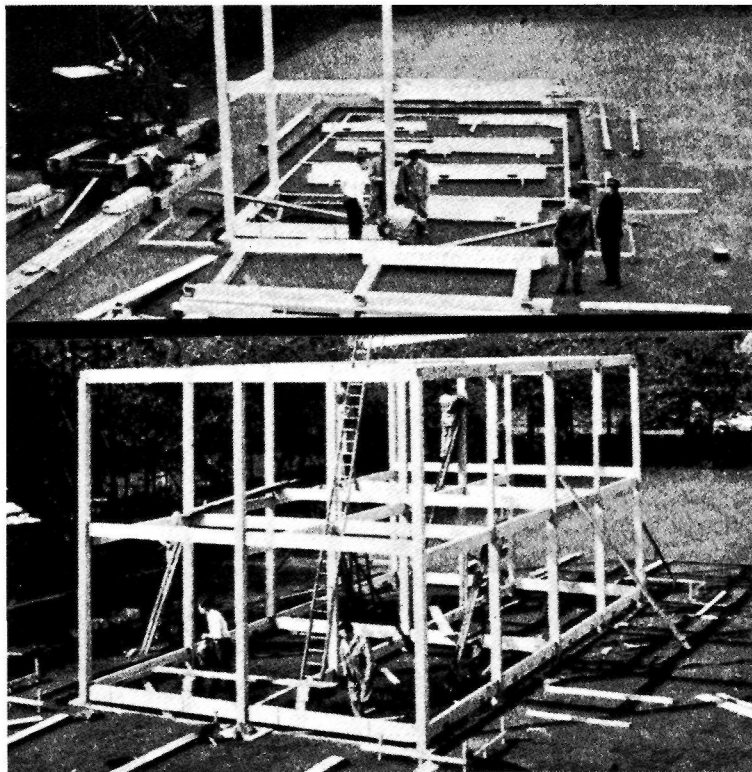
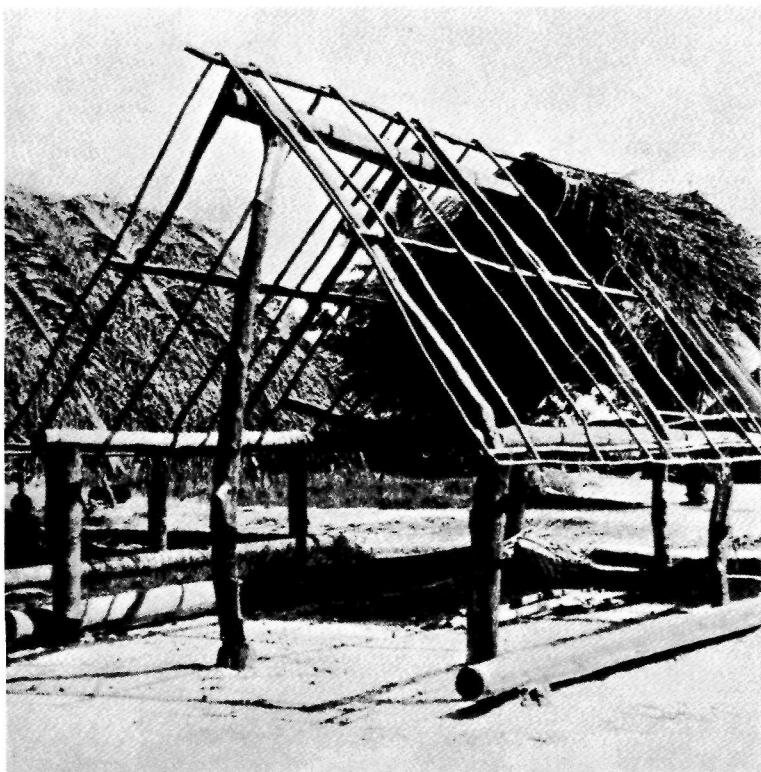
Le CS, autoportanti per definizione, possono essere portanti qualora siano capaci di sostenere altre cellule (CS accatastabili), altrimenti risultano portate da uno scheletro indipendente (vedi Tav. 148, a).

Una cellula spaziale può al limite identificarsi con l'intero organismo (b) e può in tal caso risultare di tipo mobile (mobil-houses, Tav. 154).

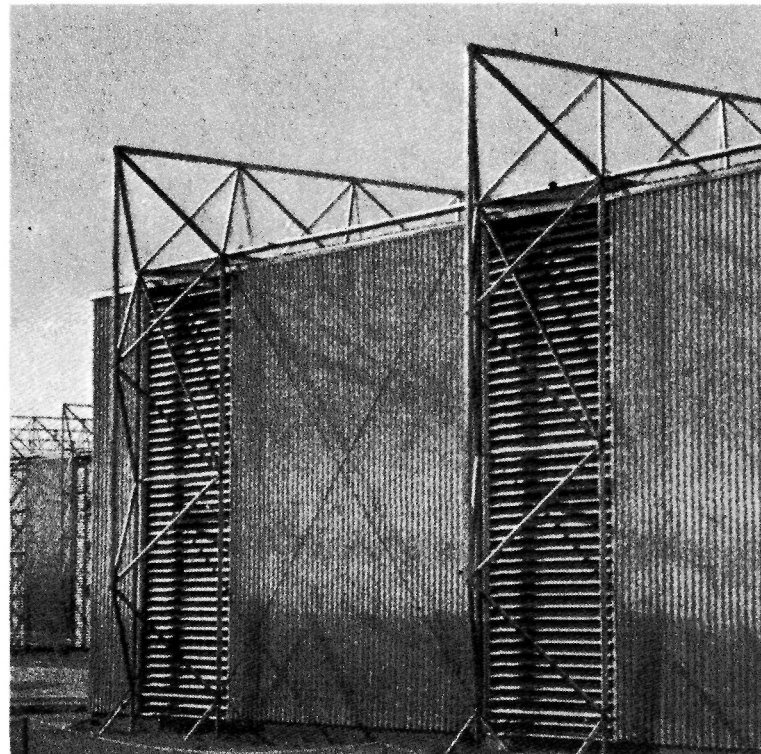
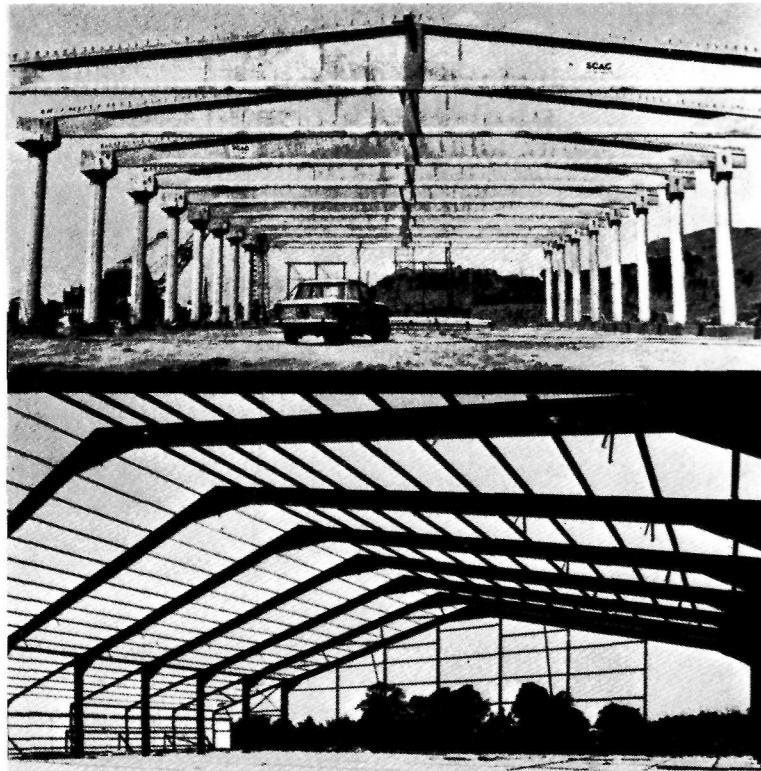
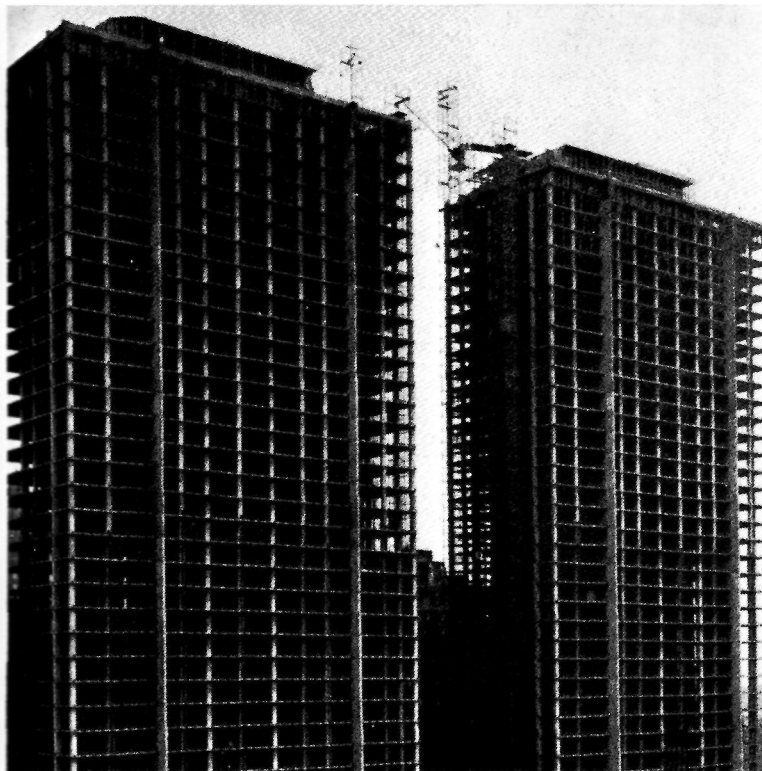
Da un punto di vista geometrico-costruttivo le CS sono scatolari (c) o globali (b).

Una cellula spaziale può essere mono o pluriambientale, il suo involucro può essere realizzato in blocco unico o per trance, quindi nel primo caso la cellula è trasportata «finita» in sito e nel secondo è montata in opera. Vedi anche da Tav. 147 a 152.

a	b
c	d

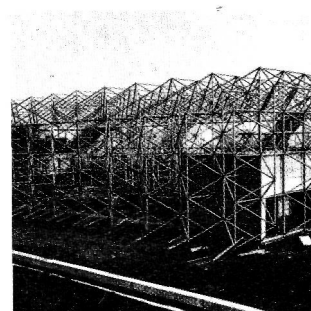
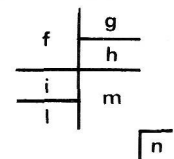
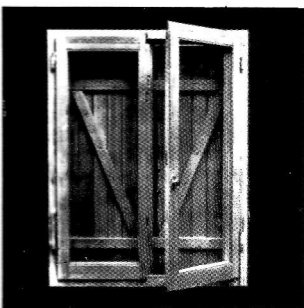
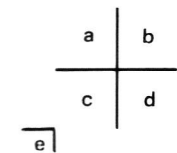
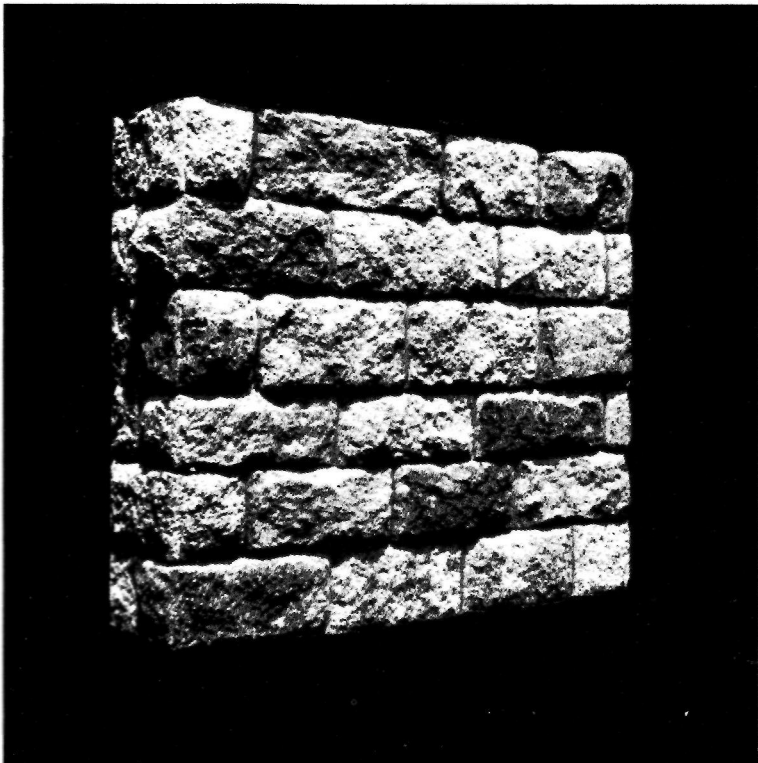
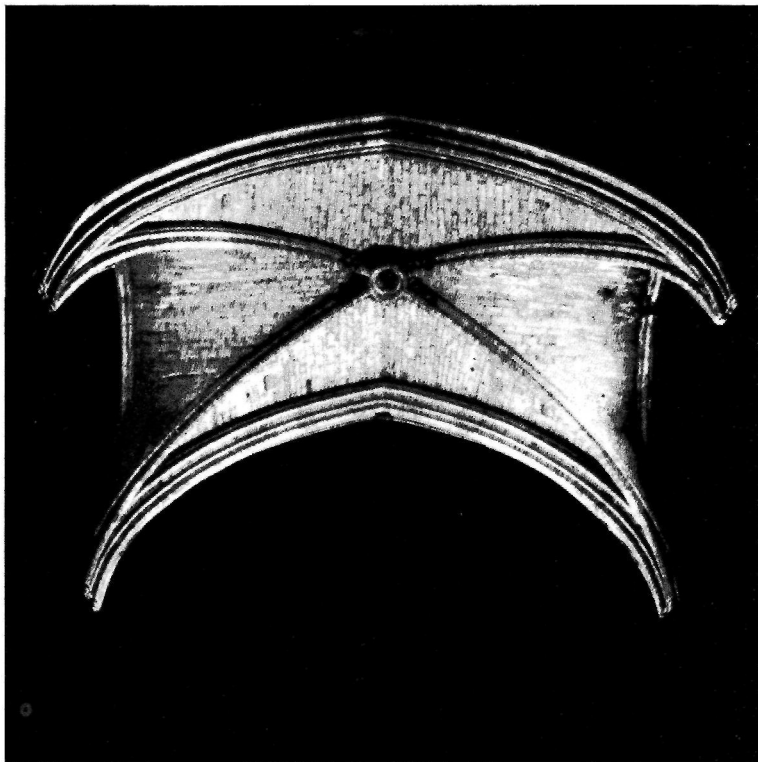
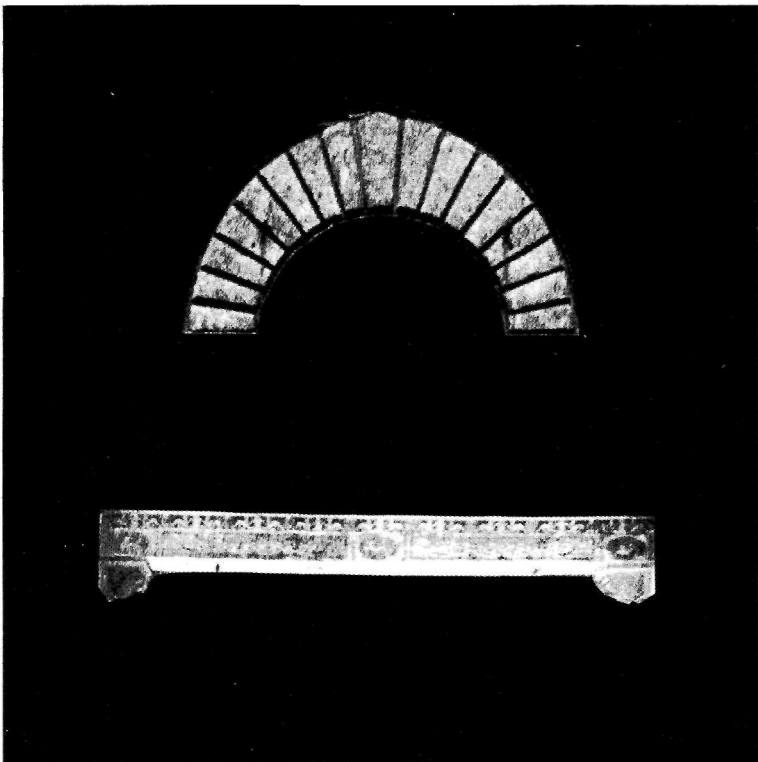
e

a, deposito sopraelevato, popolazioni Lapponi; b, cellula spaziale unifamiliare; c, d, e, Tower Building, Ginza, Tokio (arch. Kurokowa).

TAVV. 50-51. — GLI ELEMENTI DI FABBRICA: SCHELETRO PORTANTE SP

Realizzare un insieme spaziale di elementi lineari avente la funzione di portare tutte le altre parti costituenti l'organismo edilizio è un criterio costruttivo che risale alla preistoria, basterà ricordare gli insediamenti palafitticoli; è istintivamente adottato laddove vi è disponibilità di legno, anche presso comunità primitive, come mostra la fig. a.
Con il termine **scheletro portante** si vuole appunto indicare quell'elemento di fabbrica che ha un ruolo finalizzato essenzialmente alla sicurezza statica, lasciando agli altri elementi di fabbrica, qualora non siano portanti, soltanto il compito di garantire il comfort e di definire lo «spazio costruito».
Per quanto concerne la classificazione e la delimitazione dello «spazio costruito» lo SP può essere considerato a livello di semplice trama.

a, scheletro di abitazione primitiva in Melanesia; b, scheletro portante in legno; c, scheletro portante in acciaio; d, scheletro portante in alluminio; e, antica casa con ossatura lignea del Nord Europa.

(segue)

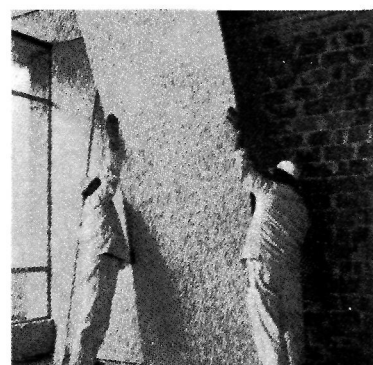
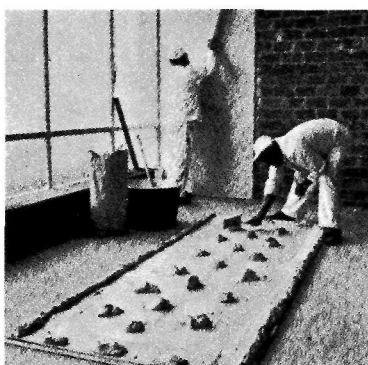
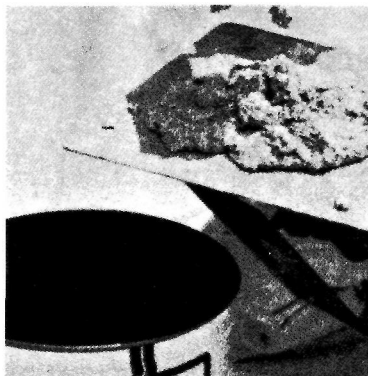
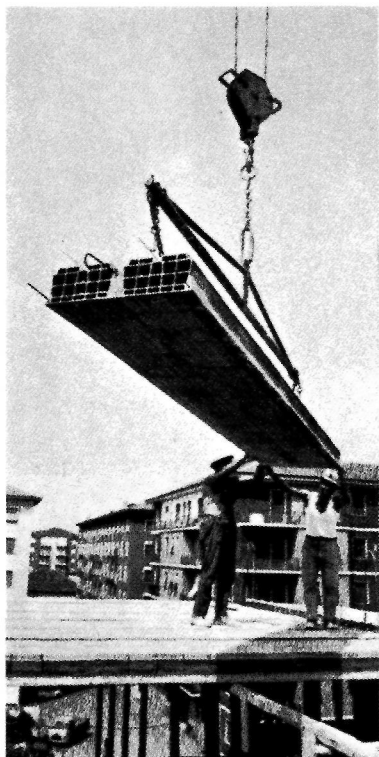
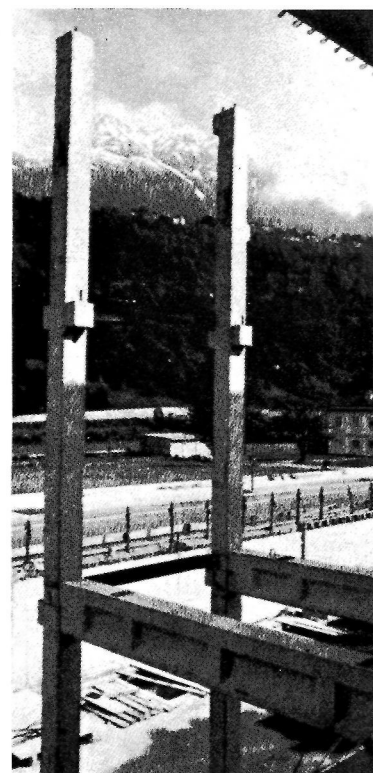
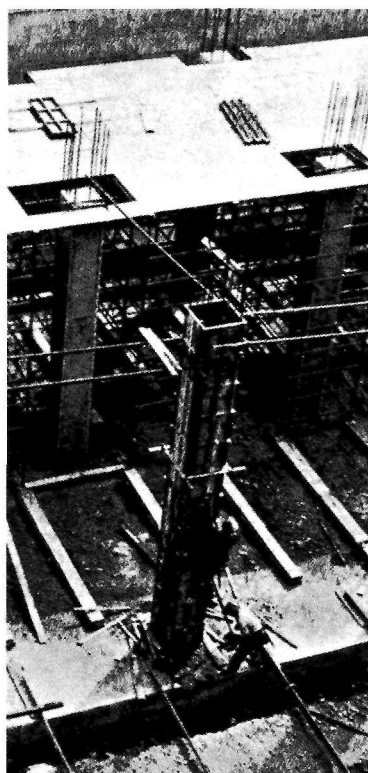
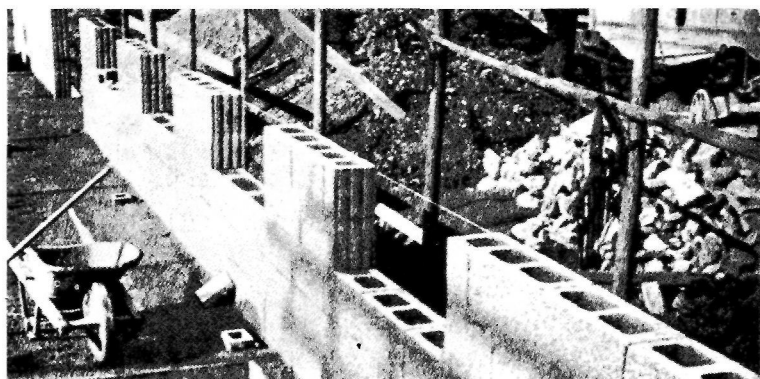
Lo SP si è identificato fino ai primi dell'800 con una ossatura lignea (e), soltanto nella seconda metà del XIX secolo sono stati introdotti, prima, gli scheletri indipendenti in acciaio, poi quelli in calcestruzzo armato, infine, ai giorni nostri, anche in alluminio.
Lo scheletro portante in legno, in acciaio o in alluminio viene predisposto in officina con procedimenti artigianali o industriali (b, c, d, h), mentre quello in cemento armato può essere sia realizzato direttamente in opera (f) sia prefabbricato a pié d'opera o in officina (g, vedi anche Tav. 134). Caratteristica dello scheletro portante, da un punto di vista statico-costruttivo, è quella di avere, in base alla solidarietà delle parti che o compongono, capacità di resistenza e stabilità ai vari tipi di sollecitazione cui può essere sottoposto l'organismo nel suo insieme.
Sotto il profilo geometrico-costruttivo lo SP può essere trama spaziale sia per involucri scatolari che involucri globali (i, l).

f, scheletro portante in c.a. realizzato in opera; g, h, scheletri portanti prefabbricati in c.a. e in acciaio; i, palazzetto dello sport a Roma (archh. P. L. Nervi, A. Vitellozzi); |, palazzo dello sport a Torino (arch. A. Vitellozzi); m, n, scheletri portanti con telai a traliccio in acciaio.

a | b
c | d
e

TAV. 52. — GLI ELEMENTI COSTRUTTIVI FUNZIONALI ECF

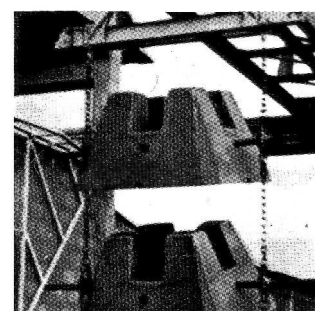
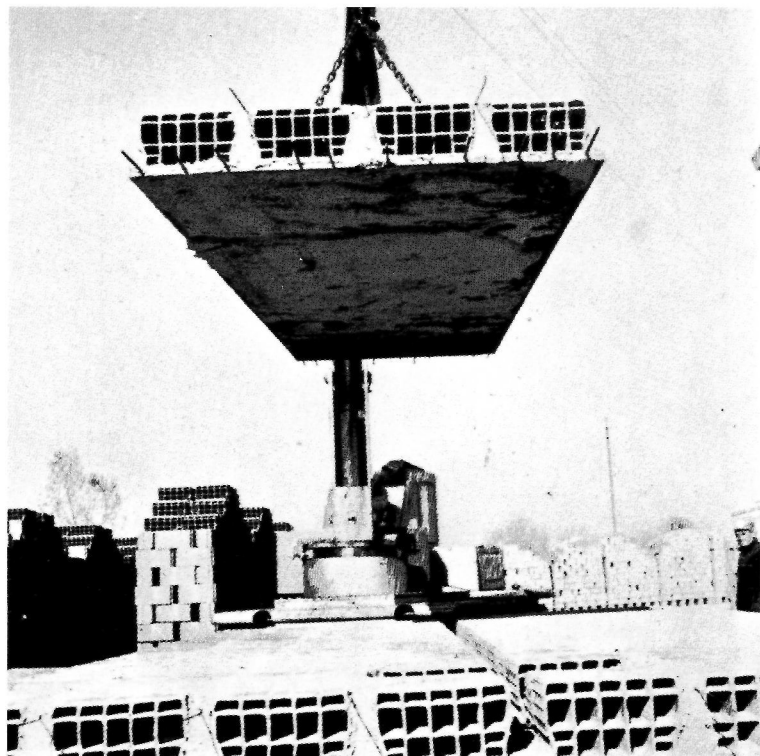
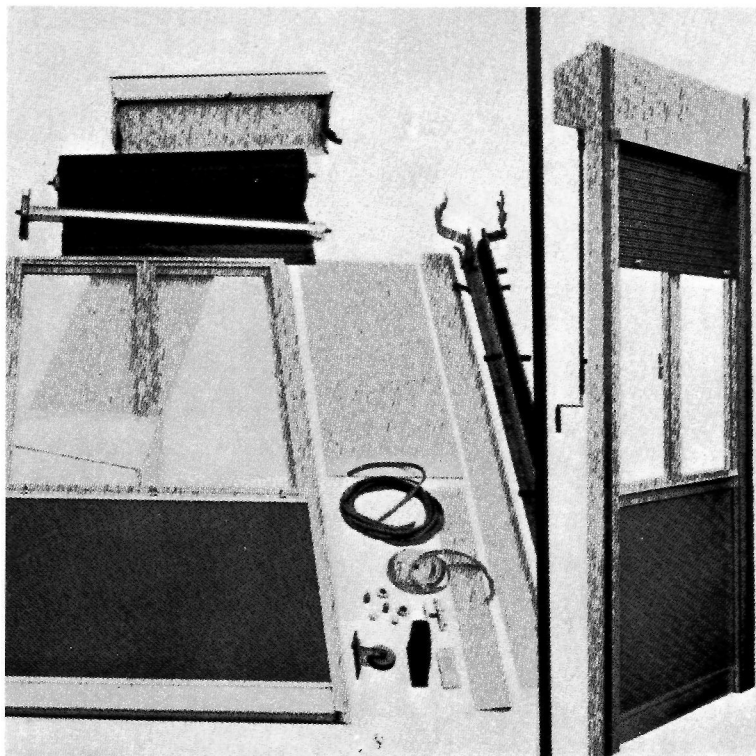
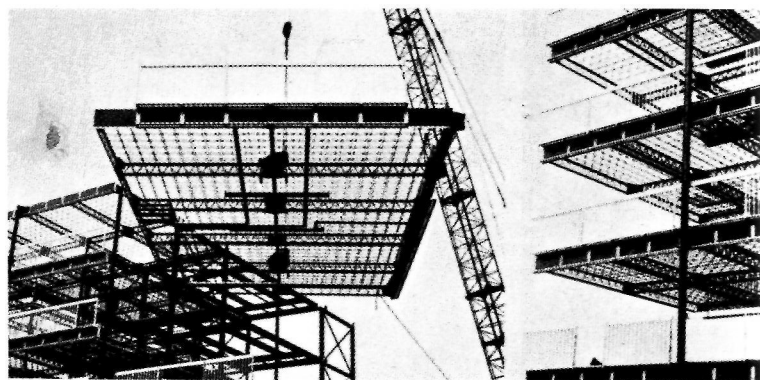
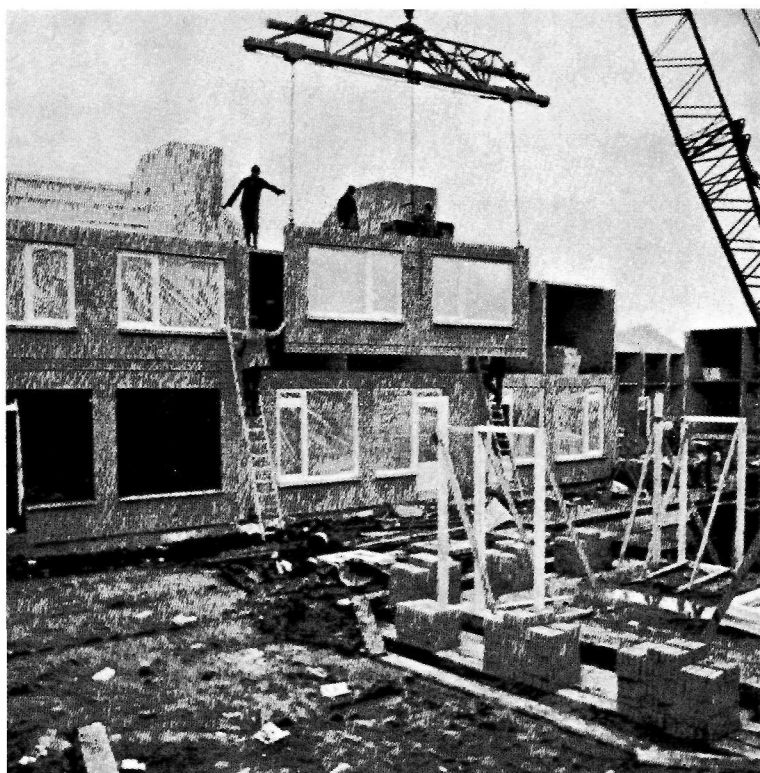
Sono detti **funzionali** quegli elementi costruttivi che hanno, nell'ambito di un elemento di fabbrica, una collocazione ben determinata per definire lo «spazio costruito» ed un preciso ruolo ai fini del comfort, della sicurezza statica e della « costruibilità ». In ordine a quest'ultimo punto implicano un proprio ciclo di lavorazione e si integrano nel procedimento costruttivo adottato per realizzare l'intero organismo. Il definire l'elemento costruttivo funzionale è un'operazione puramente strumentale che avviene sempre nel processo progettuale ai fini della fattibilità costruttiva dell'oggetto da realizzare, ivi compresa l'analisi e la definizione dei costi.

Pertanto l'elemento costruttivo funzionale, sia realizzato in opera che fuori opera, è un entità apparentemente autonoma, in quanto la sua ragione d'essere è giustificabile e individuabile so'tanto nell'unità dell'opera edilizia che lo comprende (vedi anche Tavv. 64-65).

a, ECF arco in pietra e ECF trave lignea; b, ECF volta a crociera; c, ECF setto murario in conci di pietra; d, ECF colonna in pietra, ECF pilastro in c.a.; e, ECF serramento esterno in legno.

TAV. 53. — GLI ELEMENTI COSTRUTTIVI FUNZIONALI ECF

L'elemento costruttivo funzionale può essere realizzato in opera oppure a pié d'opera o in officina, sia artigianalmente che industrialmente. Quando l'elemento costruttivo funzionale viene prodotto in officina per essere posto in commercio, in qualità di « oggetto edilizio intermedio », è da annoverare tra i « materiali da costruzione » offerti dal mercato. Gli elementi costruttivi funzionali realizzati in opera si concretizzano nell'atto della costruzione dell'organismo che li comprende, mentre quelli prefabbricati a pié d'opera o fuori opera acquistano precedentemente alla costruzione dell'organismo precise caratteristiche morfologiche e tutte, o in parte, le capacità di prestazione.

a c d
b
g h
e f
i l
m

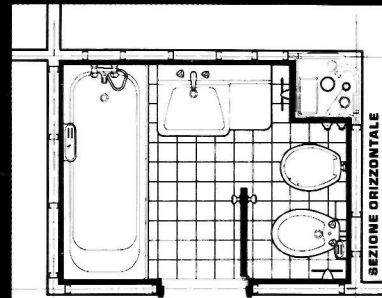
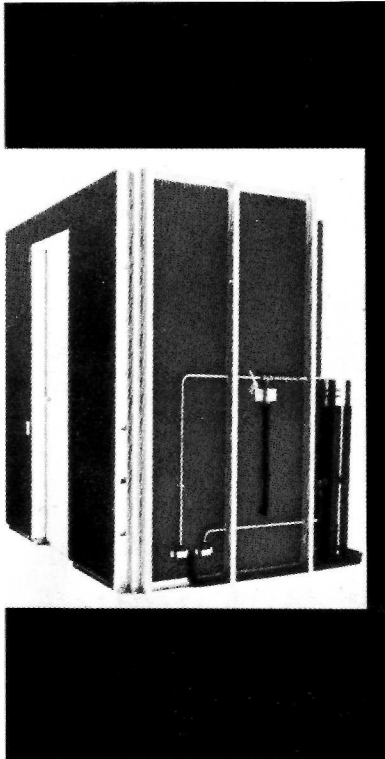
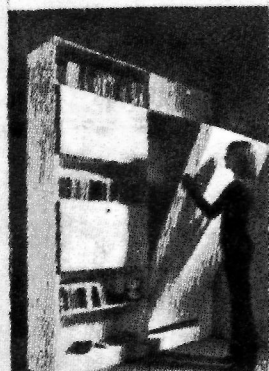
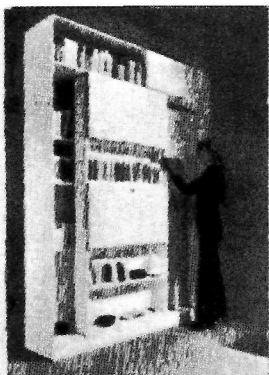
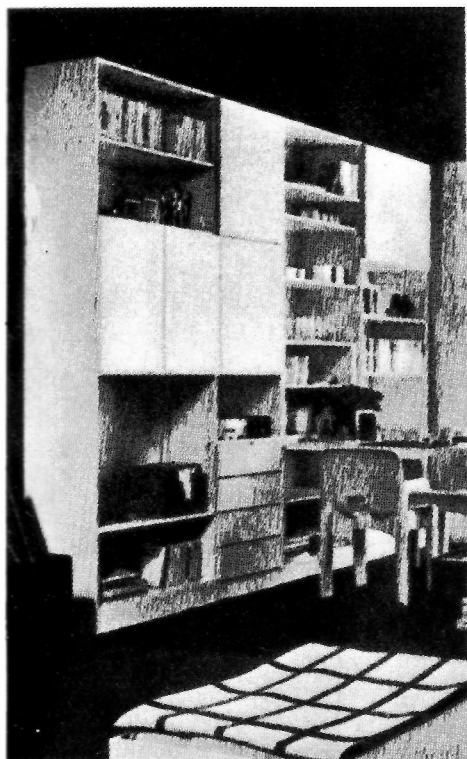
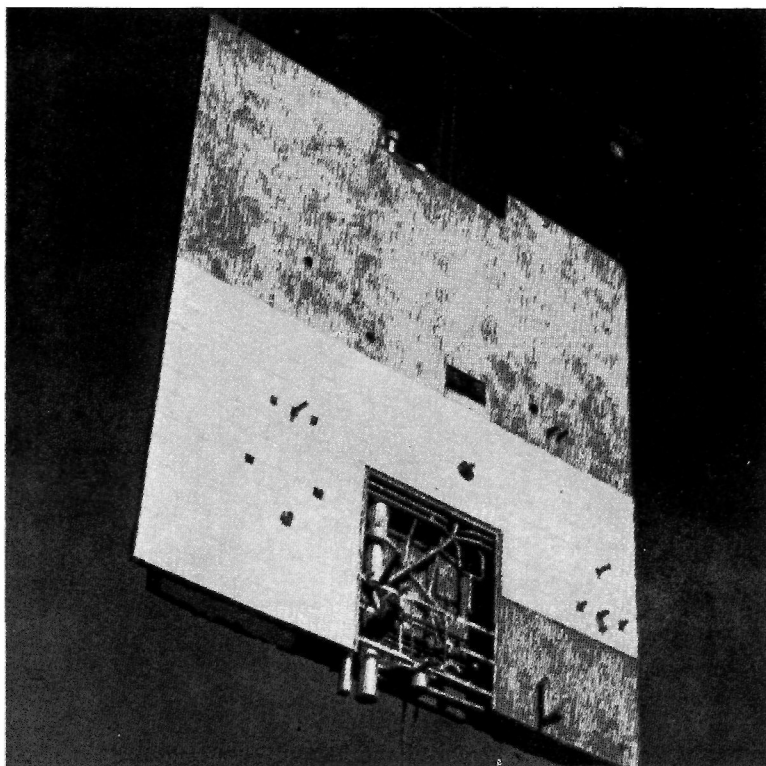
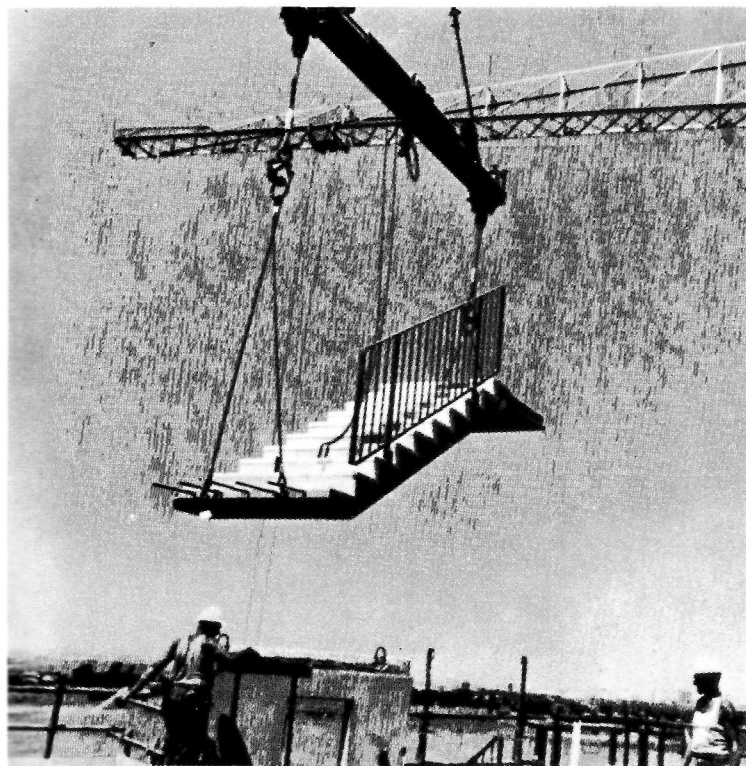
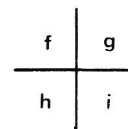
a, setti murari costruiti in opera; b, pannelli portanti prodotti fuori opera; c, pilastri in c.a. realizzati in opera; d, pilastri in c.a. prefabbricati; e, solai latero-cementizi eseguiti in opera; f, pannelli-solaio realizzati in officina; g, h, intonaco eseguito in opera; i, l, pannello di finitura in gesso prodotto industrialmente; m, plinto di c.a. prefabbricato in officina.

a	c
	d
b	e

TAVV. 54-55. — ELEMENTI COSTRUTTIVI FUNZIONALI COMPLESSI ECF

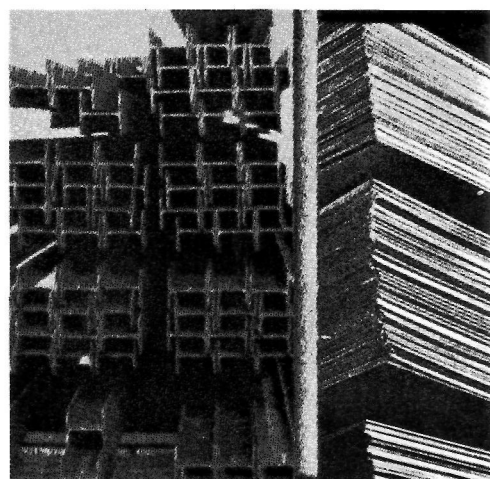
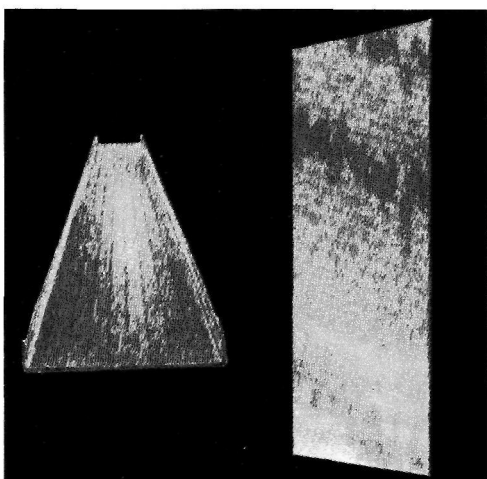
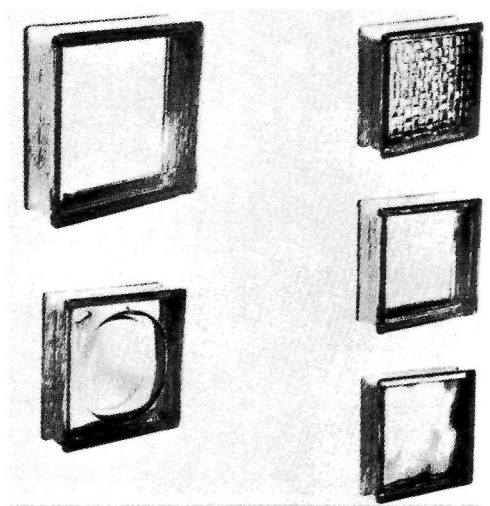
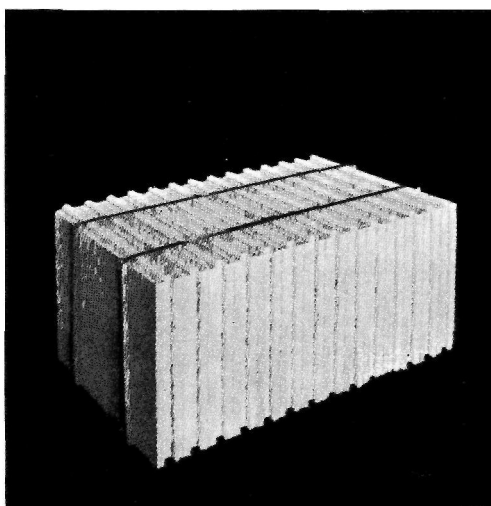
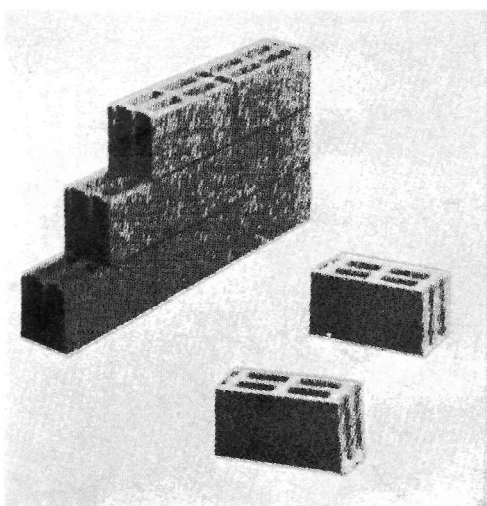
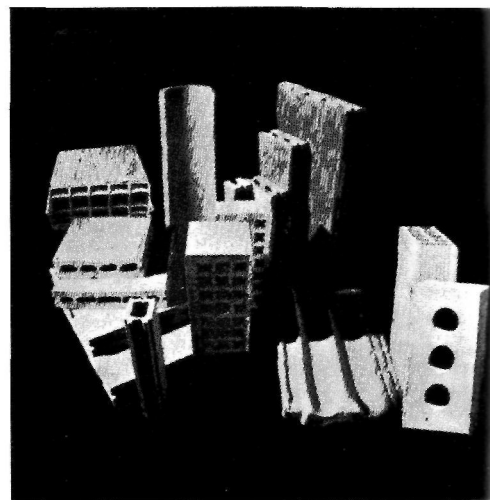
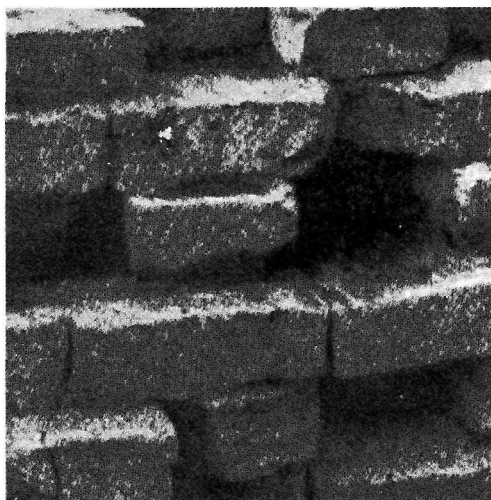
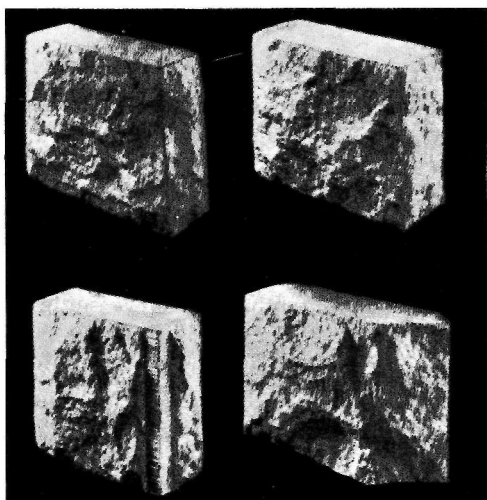
Si definisce elemento costruttivo funzionale **complesso** un oggetto edilizio intermedio, ottenuto con procedimenti industrializzati, comprensivo di più elementi costruttivi funzionali aventi cicli di lavorazione differenziati nel cantiere tradizionale. In tal senso è significativa la figura (a) che mostra, in primo piano, i cicli di lavorazione relativi alle murature e alla posa in opera dei serramenti con procedimento tradizionale e, in secondo piano, il montaggio di un pannello facciata, realizzato in officina, che, comprendendo sia il setto murario finito sia il serramento e non richiedendo quindi i relativi cicli di lavorazione in cantiere, si configura come elemento costruttivo funzionale complesso. Il serramento «monoblocco» (b) essendo comprensivo di quegli elementi che vengono realizzati o posti in opera separatamente nel cantiere tradizionale, come la soglia, le imbotti, la veletta, il cassonetto, la sede per i comandi, l'avvolgibile, lo strato di vernice e i vetri, costituisce un esempio di elemento costruttivo funzionale «complesso».

Nelle figure, c, d, e, sono esemplificati tre diversi gradi di « complessità » relativi alla realizzazione di chiusure orizzontali: nella fig. c l'elemento costruttivo funzionale « complesso » esaurisce i cicli di lavorazione concernenti la parte resistente;

(segue)

f	g
h	i

nella fig. d si ha, per una casa unifamiliare, la chiusura orizzontale completa, comprensiva del manto di copertura e della finitura all'intradosso .(in questo caso limite l'elemento costruttivo funzionale «complesso» coincide con l'elemento di fabbrica); nella fig. e il pannello-solaio comprende, oltre la parte resistente, anche la finitura all'intradosso.

La figura f è un esempio di elemento costruttivo «complesso» per l'elemento di fabbrica ECV: rampa di scala finita all'intradosso e all'estradosso, comprensiva di ringhiera. Esempi di elementi costruttivi funzionali «complessi» relativi alle partizioni interne sono: il pannello attrezzato comprensivo di canalizzazioni per impianti e rivestimento di maioliche, g; gli elementi di «parete attrezzata per arredo» (h) con i quali si vuole sostituire l'insieme tradizionale della tramezzatura con « giustapposti » l'armadio e altri arredi.

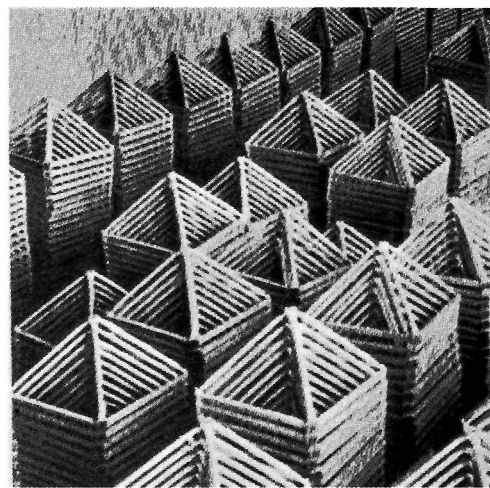
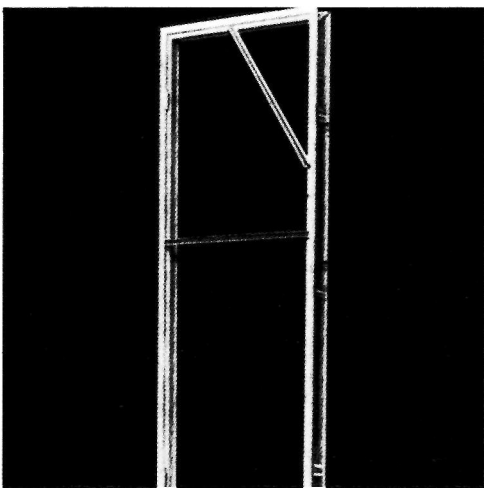
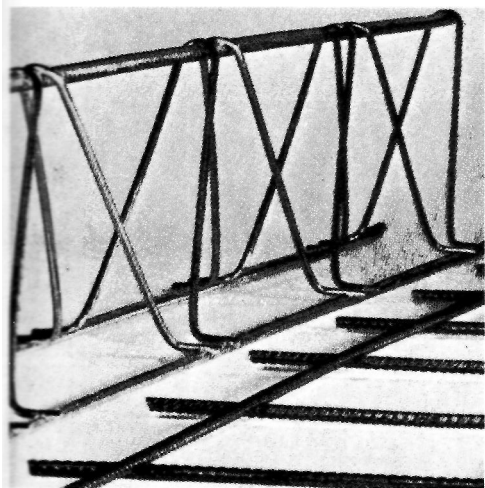
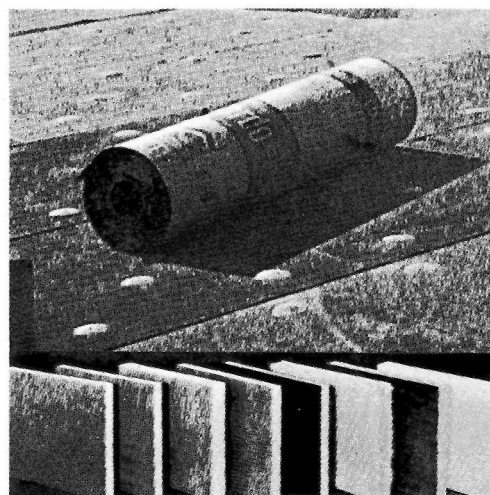
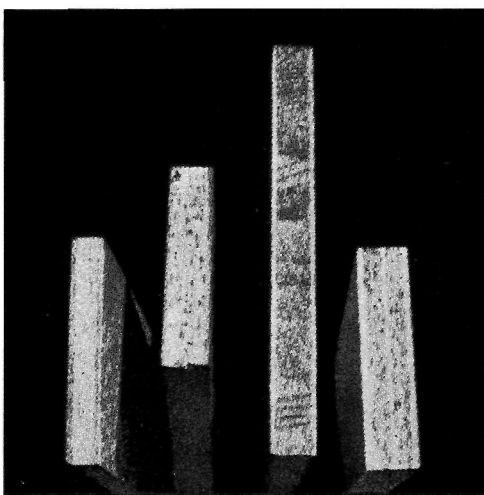
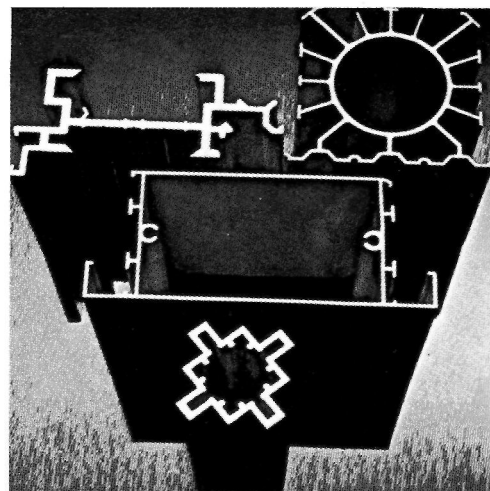
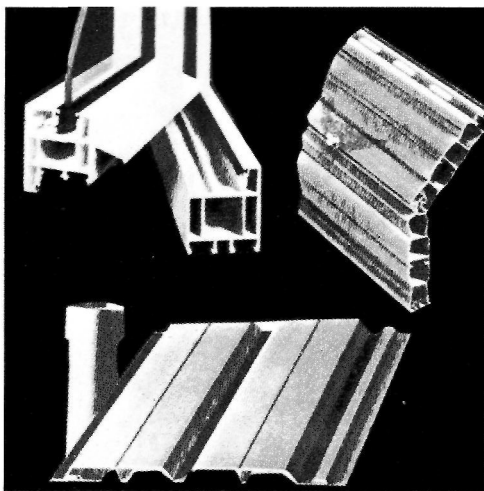
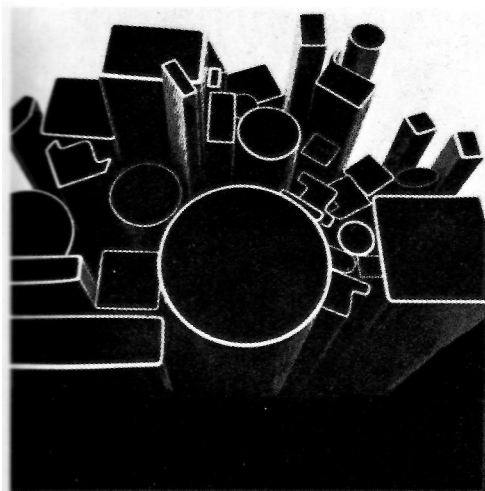
Nella figura i blocco bagno prodotto industrialmente che realizza in officina quanto viene normalmente fatto in più fasi e con più cicli di lavorazione nel cantiere tradizionale; in questo caso l'elemento costruttivo funzionale data la «complessità» diviene un vero e proprio elemento di fabbrica, BF.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAVV. 56-57. — GLI ELEMENTI COSTRUTTIVI BASE ECB

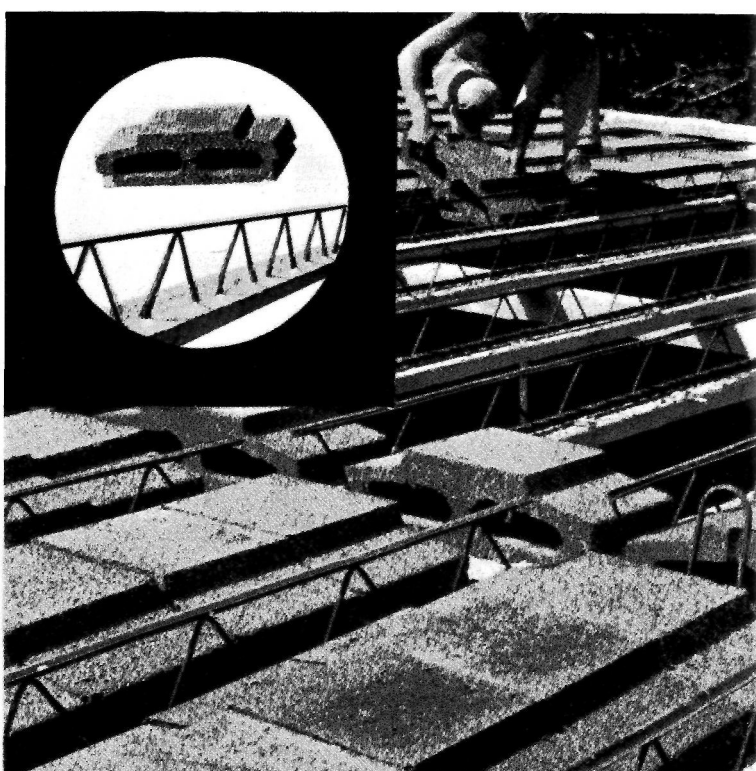
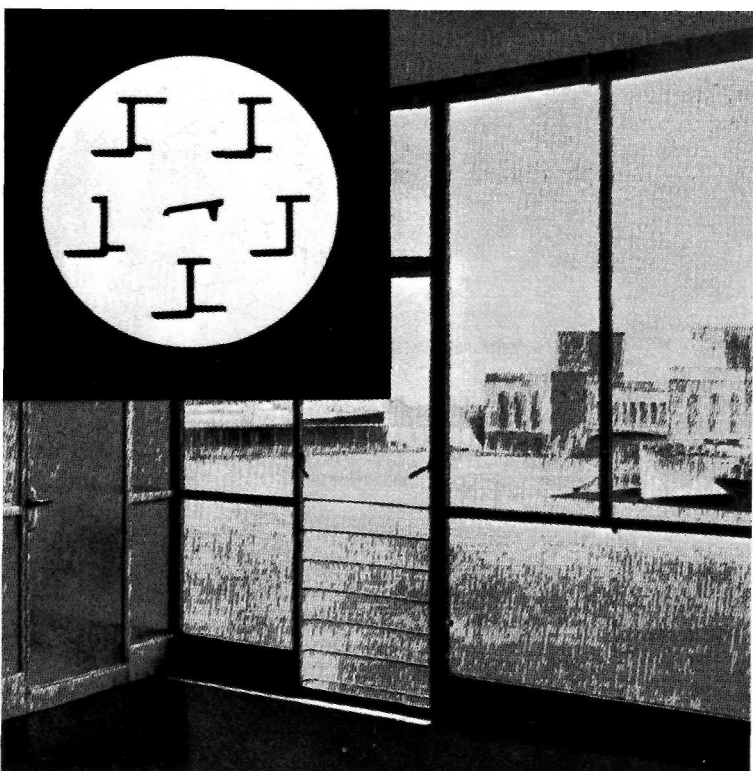
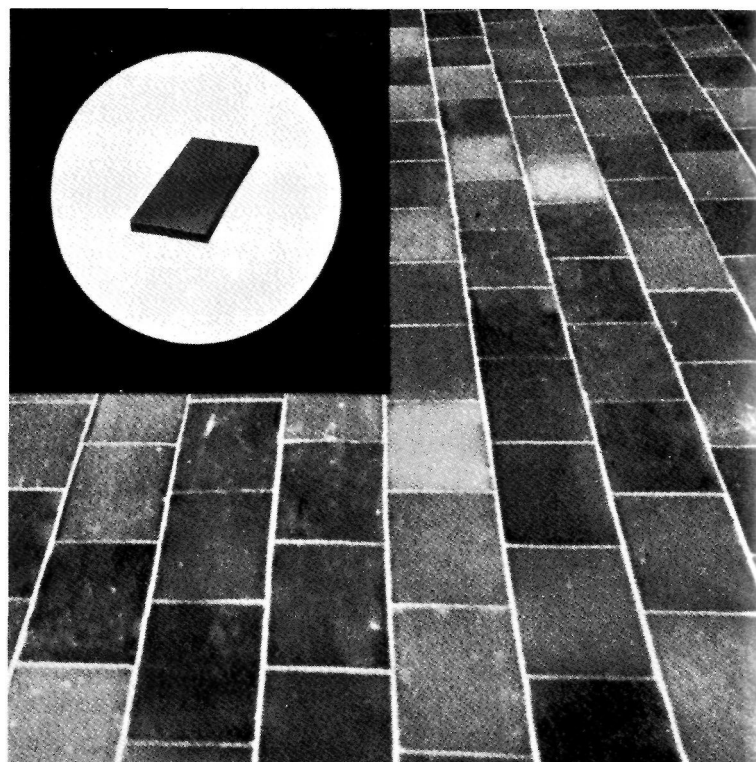
Gli **elementi costruttivi base,** in qualità di oggetti edilizi intermedi, possiedono attributi dimensionali, di forma, di accoppiabilità e di prestazione (fisico-tecniche, di resistenza, di durata, percettive, ecc.) per realizzare elementi costruttivi funzionali. Pertanto sono caratterizzati dal procedimento di lavorazione dell'elemento costruttivo funzionale che concorrono a determinare.

Gli elementi costruttivi base, che possono essere realizzati anche a pié d'opera, ma che generalmente vengono prodotti

ECB preformati: a, conci in pietra realizzati in cava o a pie d'opera; b, conci di tufo realizzati in cava; c, elementi laterizi, prodotti industrialmente, morfologicamente caratterizzati in funzione dell'elemento costruttivo da realizzare (pignatte per solaio, tegole per manti di copertura, elementi da pavimento e rivestimento, conci pieni, semipieni e forati per setti murari); d, blocchi in calcestruzzo alleggerito; e, conci sovradimensionati in gesso per tramezzature; f, blocchi in vetro per elementi in vetro-cemento; g, profilati e lastre in vetro; h, lastre per coperture e tubature in fibrocemento; i, profilati a caldo e lamiere d'acciaio.

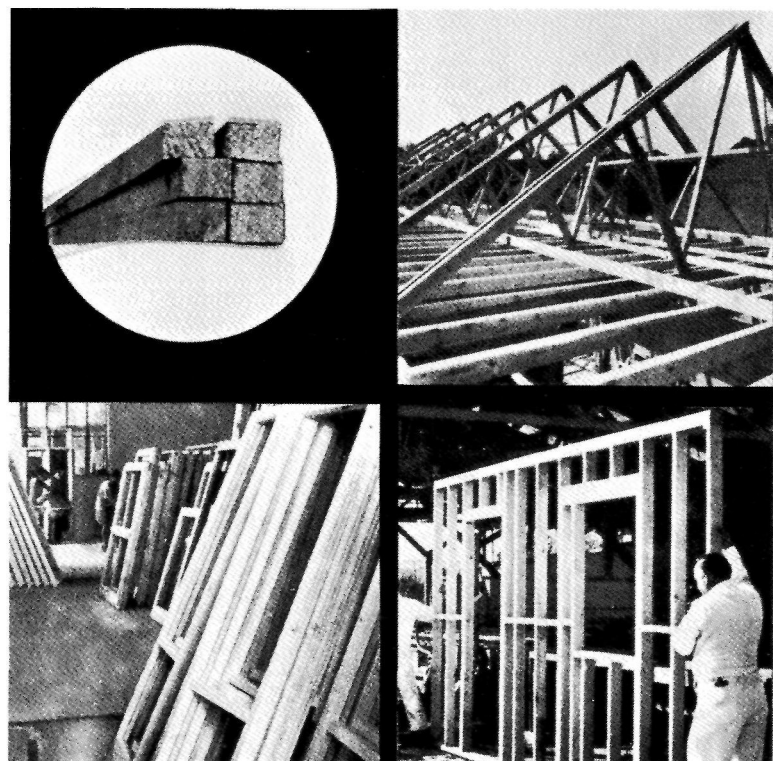
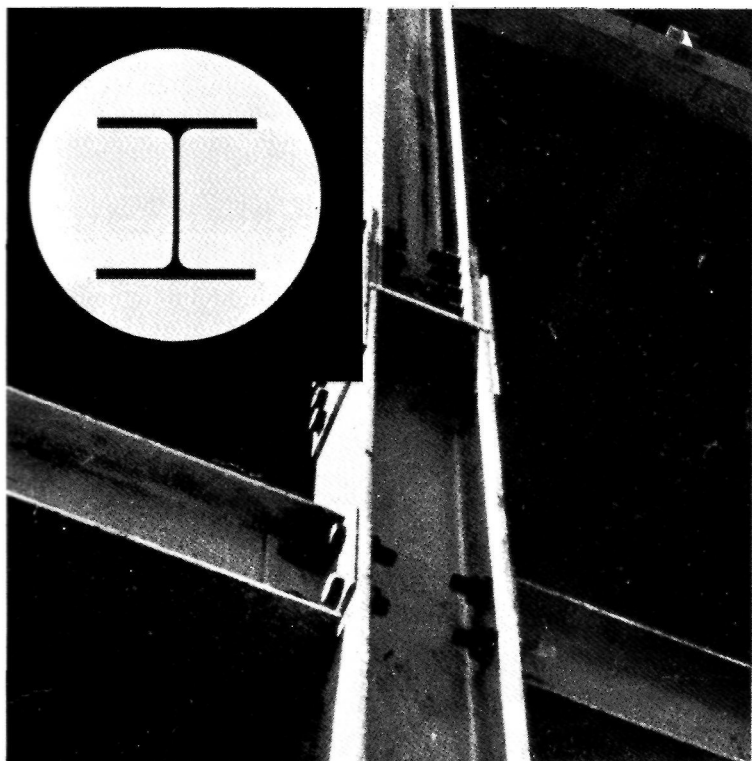
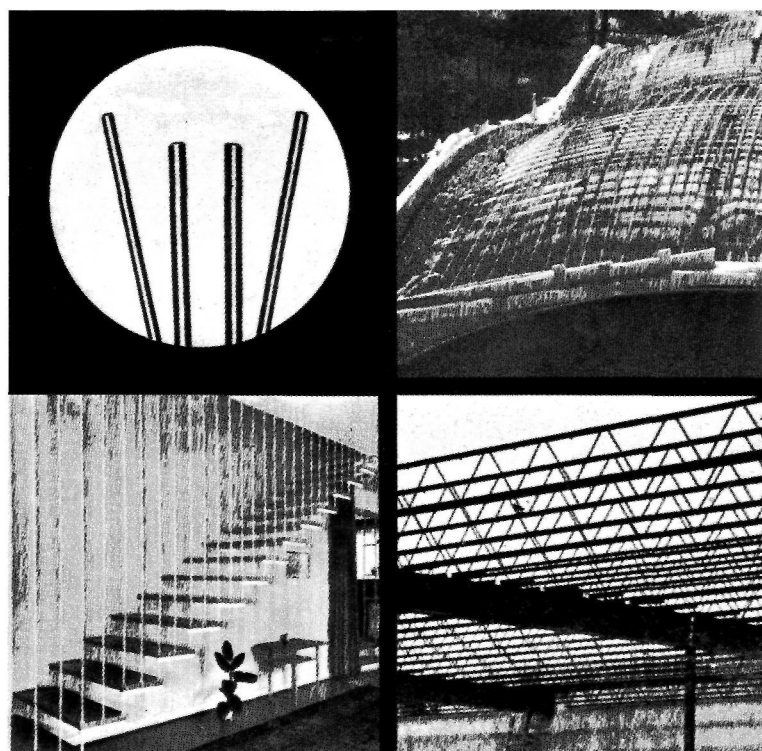
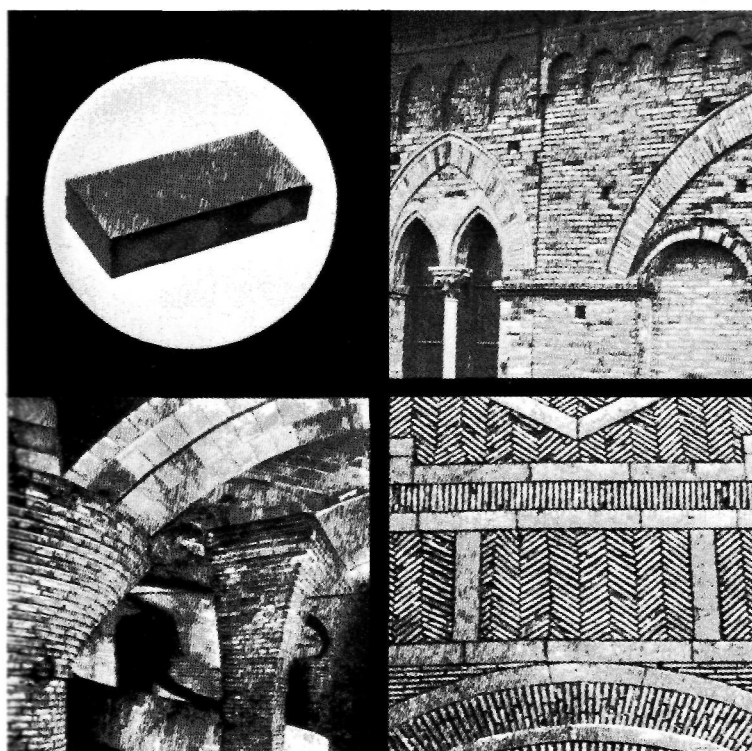
l	m	n
o	p	q
r	s	t

(segue)

artigianalmente o industrialmente fuori opera per essere posti in commercio come «materiali» da costruzione, sono legati ad un preciso ciclo di lavorazione. Sotto questo profilo possono essere: «monopezzo» e quindi sono dei **preformati** in materie prime o in materiali base, oppure «compositi», cioè risultano dall'unione di più preformati (con materiali base o meno) e in questo caso sono detti **preassemblati.**

l, profilati a freddo in acciaio; m, profilati in plastica; n, profilati estrusi in alluminio; o, profilati in legno predisposti per essere preassemblati per formare parti di serramento.
ECB preassemblati: p, paniforti in legno; q, cartonfeltri bitumati e similari; r, armature preassemblate in officina per ECF in calcestruzzo armato; s, telaio preassemblato per infissi interni; t, elementi piramidali preassemblati in officina per chiusure orizzontali in traliccio spaziale.

a	b
c	d

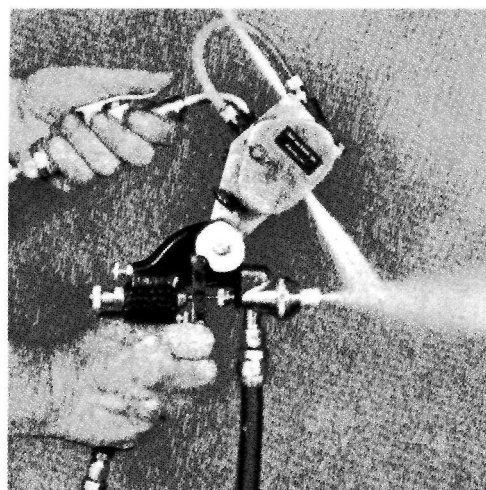
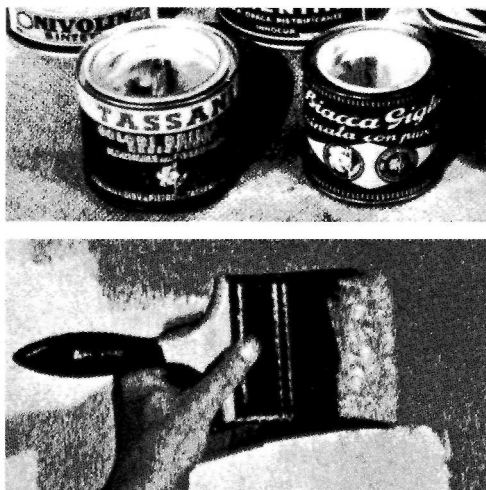
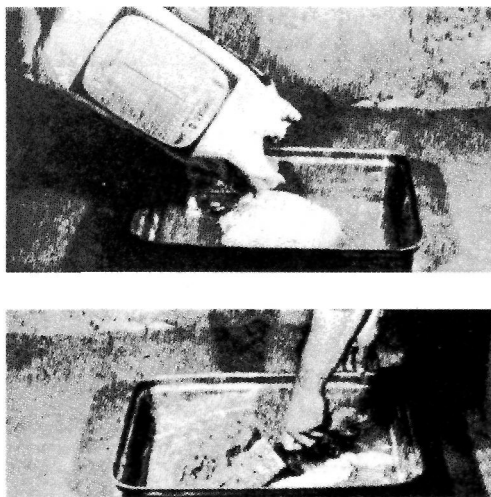
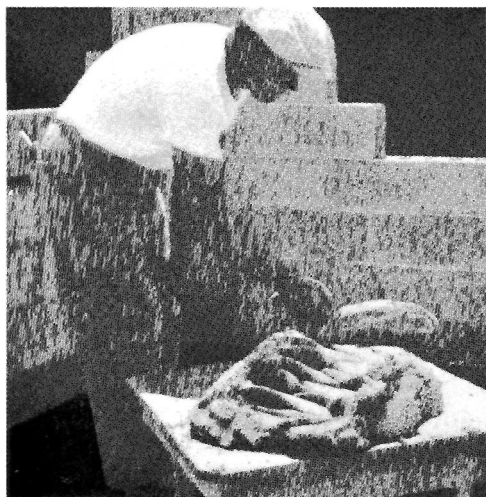
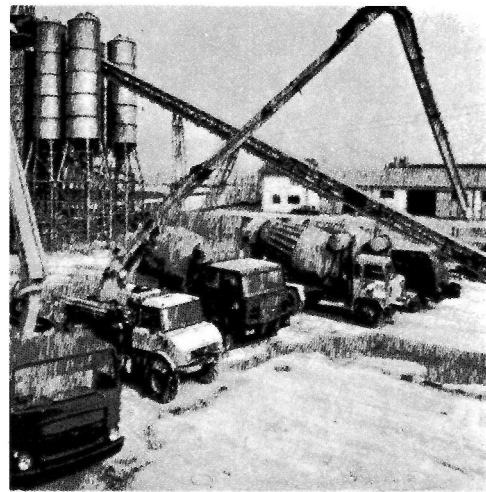
TAVV. 58-59. — ELEMENTI COSTRUTTIVI BASE ECB

Gli **elementi costruttivi base** possono essere finalizzati per realizzare una sola categoria di elementi costruttivi funzionali; in questo caso sono detti **monovalenti.** Qualora siano finalizzati per realizzare elementi costruttivi funzionali

ECB monovalenti: a, la tegola laterizia a « canale » o « coppo » per soli manti di copertura; b, la piastrella di grès per pavimenti; c, i profilati in ferro «finestra» per realizzare serramenti; d, la «pignatta» in calcestruzzo alleggerito e il travetto preassemblato per solai.

(segue)

di categorie diverse sono denominati **polivalenti.** Da quanto detto si deduce che l'elemento costruttivo base è oggetto di una progettazione specifica sia in funzione del suo impiego sia in relazione ai materiali costituenti e alle tecnologie di produzione.

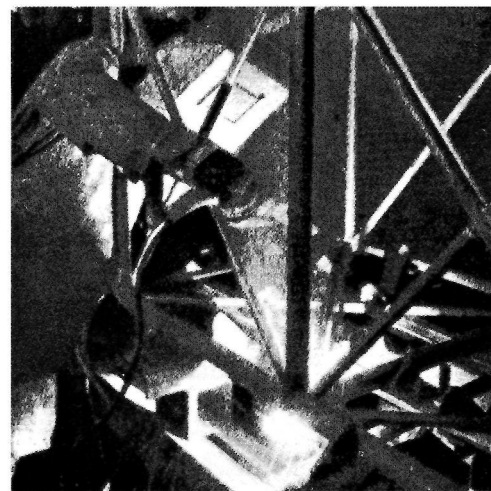
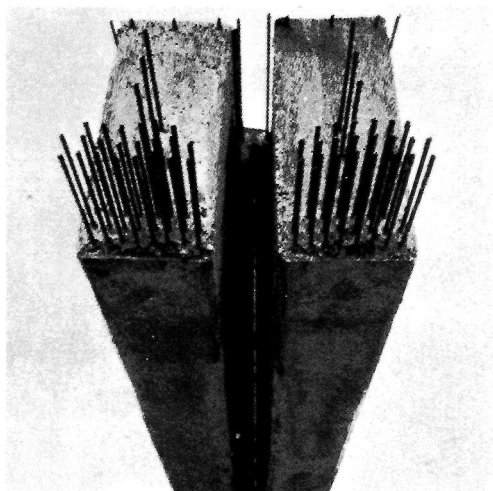
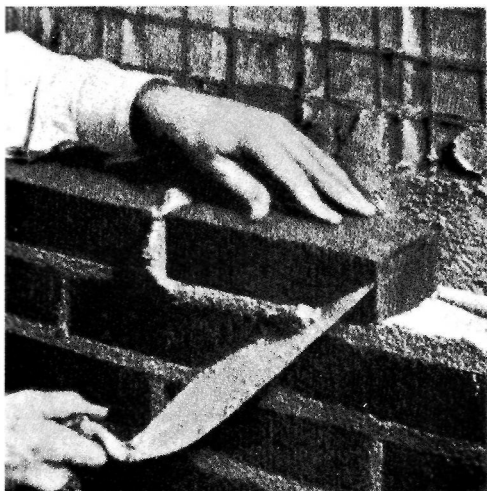
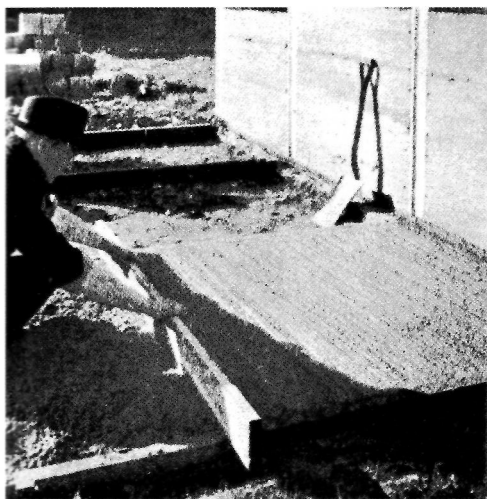
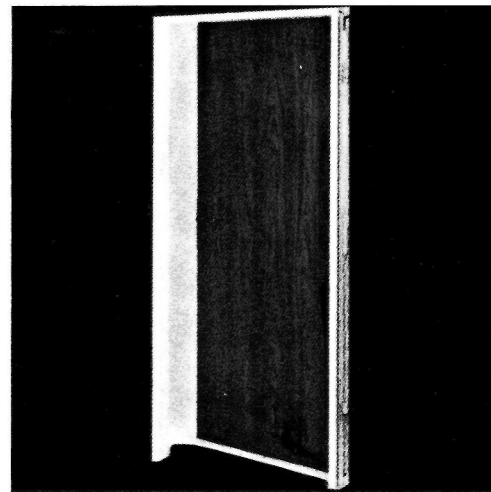
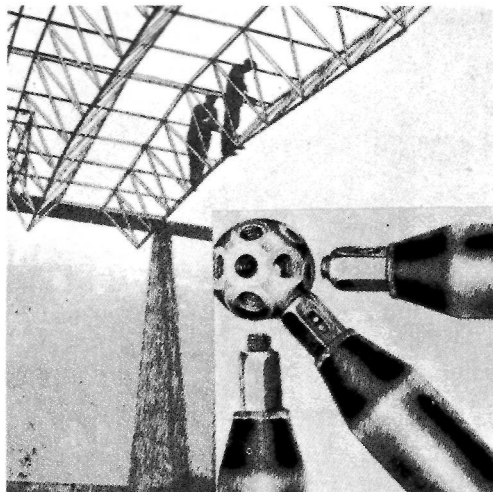
e	f
g	h

ECB **polivalenti:** e, il mattone pieno, versatile nelle sue possibilità di applicazione, che vanno dalla piattabanda all'arco, dal setto murario alle volte, alle pavimentazioni, ecc.; f, il tondino d'acciaio indifferentemente usato nelle armature dei getti, per realizzare ringhiere portanti e portate, per formare tralicci, ecc.; g, profilato HE in acciaio utilizzabile come pilastro o trave nell'ambito dello scheletro portante; h, «segati in legno» adatti per realizzare capriate, serramenti, orditure di pannelli, ecc.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 60. — MATERIALI BASE MB

I materiali base, che rappresentano il primo grado di organizzazione «interna» delle materie finalizzate per costruire, hanno soltanto potenzialmente sia attributi di forma sia capacità costruttive e prestazionali.
Essi vengono preparati per un determinato ciclo di lavorazione relativo ad uno o più elementi costruttivi. I materiali base possono essere prodotti sia a pié d'opera (manualmente o meccanicamente) sia fuori opera in stabilimento (con modalità artigianali o industriali). In quest'ultimo caso vengono posti in commercio in qualità di materiali base **preconfezionati.**

a, impasto a mano, a pié d'opera, della malta; b, getto di calcestruzzo, che assumerà una forma dopo stagionatura nei casseri, confezionato meccanicamente in cantiere con betoniere; c, centrale di preconfezionamento di calcestruzzi; d, la malta prende forma definitiva come giunto tra i conci (comento); e, f, impasti preconfezionati per intonaci; g, vernici prodotte industrialmente (lo strato di vernice assume la forma del supporto); h, preparazione tradizionale di miscela bituminosa; i, «materia plastica» a due componenti spruzzata su di un supporto.

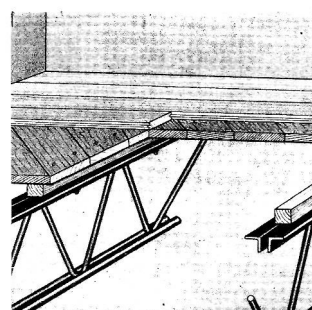
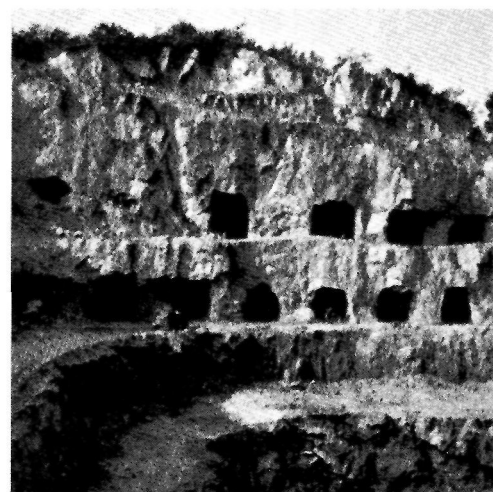
a b c
d e f
g h i
l

TAV. 61. — CONFORMAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI FUNZIONALI

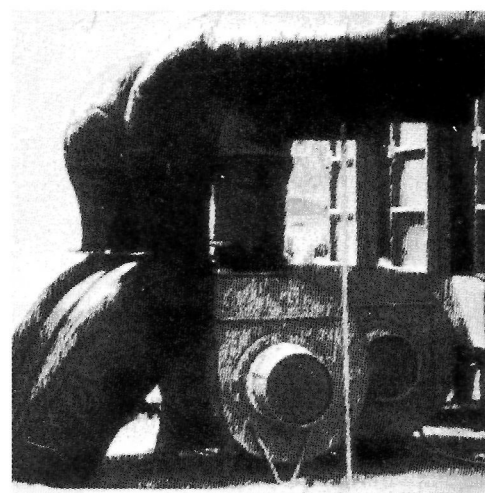
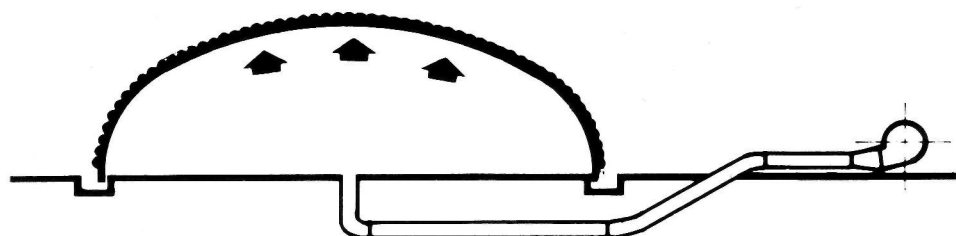
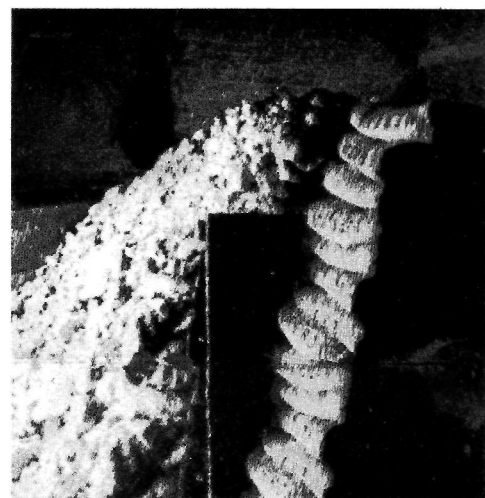
Gli elementi costruttivi funzionali possono essere realizzati:

— **con soli elementi costruttivi base** (preformati o preassemblati), ad esempio: un muro «a secco» (a) costituito da soli conci (ECB preformati); una trave a traliccio (b) realizzata con aste-nodi (ECB preformati); una porta (c) formata da telaio e anta mobile (ECB preassemblati);

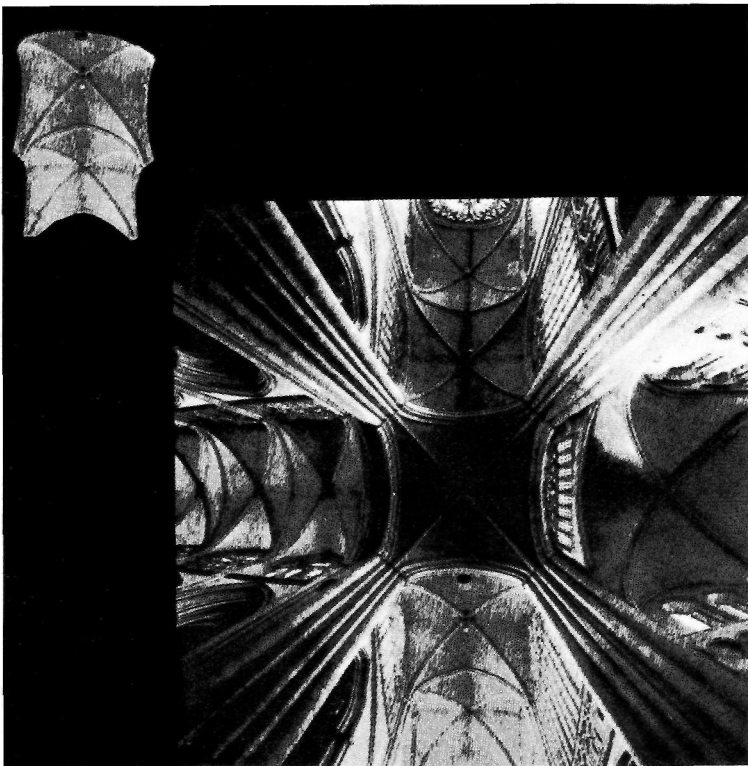
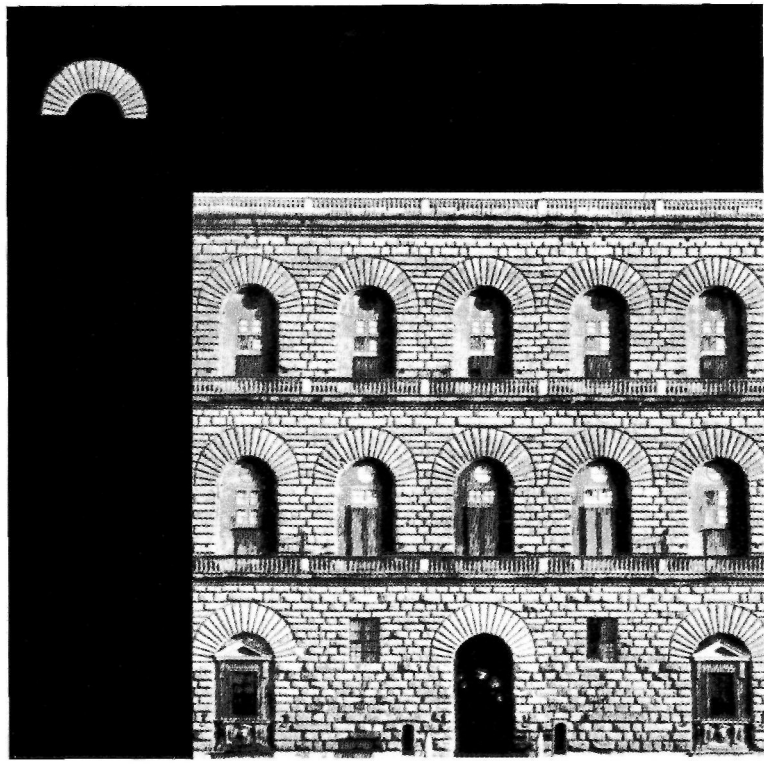
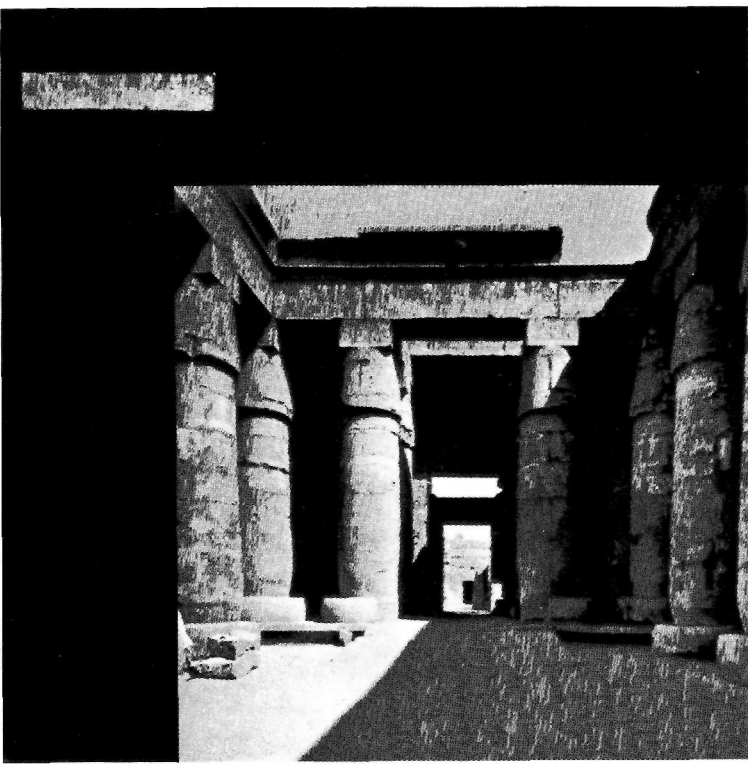
— **con soli materiali base,** ad esempio: una pavimentazione in calcestruzzo (d), un intonaco (e), un manto impermeabilizzante spalmato in opera **(f);**

— **con elementi costruttivi base** (preformati e/o preassemblati) **e materiali base,** ad esempio: un setto murario (g) realizzato con filari di mattoni (ECB preformati) e comenti di malta (MB); una trave (h) in calcestruzzo (MB) e armatura metallica (ECB preassemblato); un traliccio in acciaio (i) con aste (ECB preformati) collegate mediante cordoni di saldatura (MB);

— **mediante la combinazione di elementi costruttivi base preformati e preassemblati,** ad es., trancia di solaio in travetti a traliccio (preassemblati) e sovraimpalcato in elementi di legno (preformati) (l).

TAVV. 62-63. — LE MATERIE PRIME PER L'EDILIZIA MP

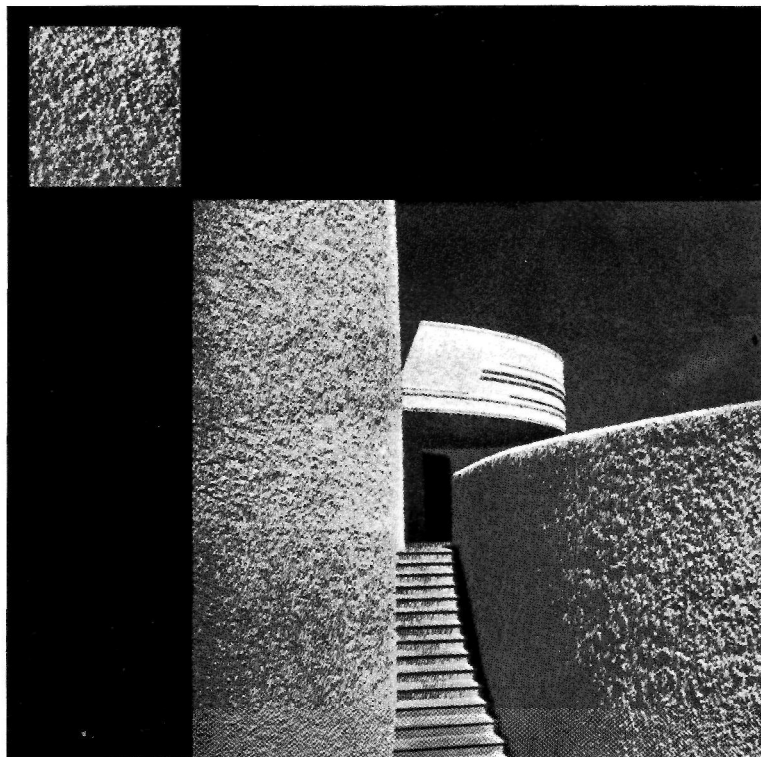
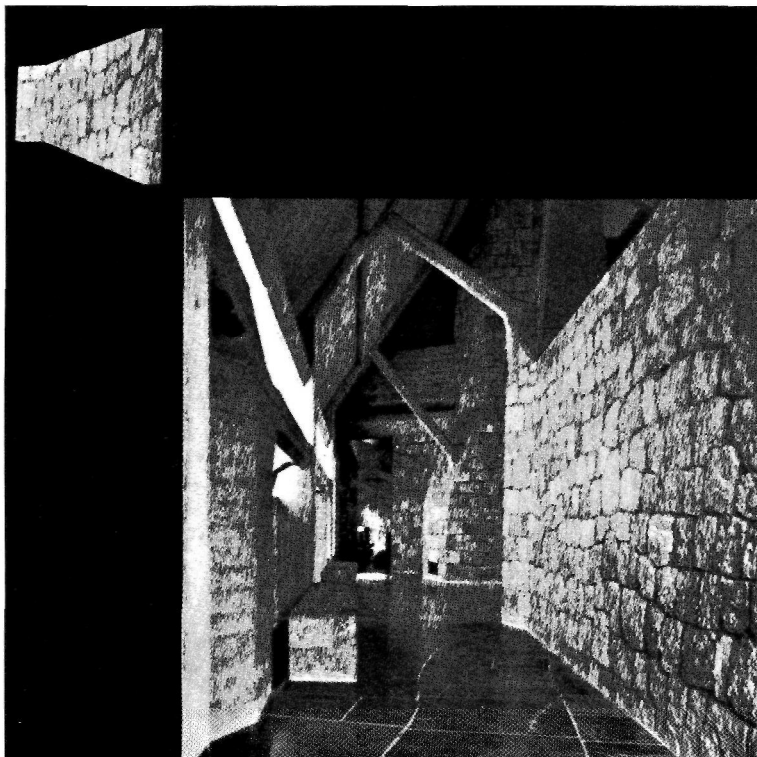
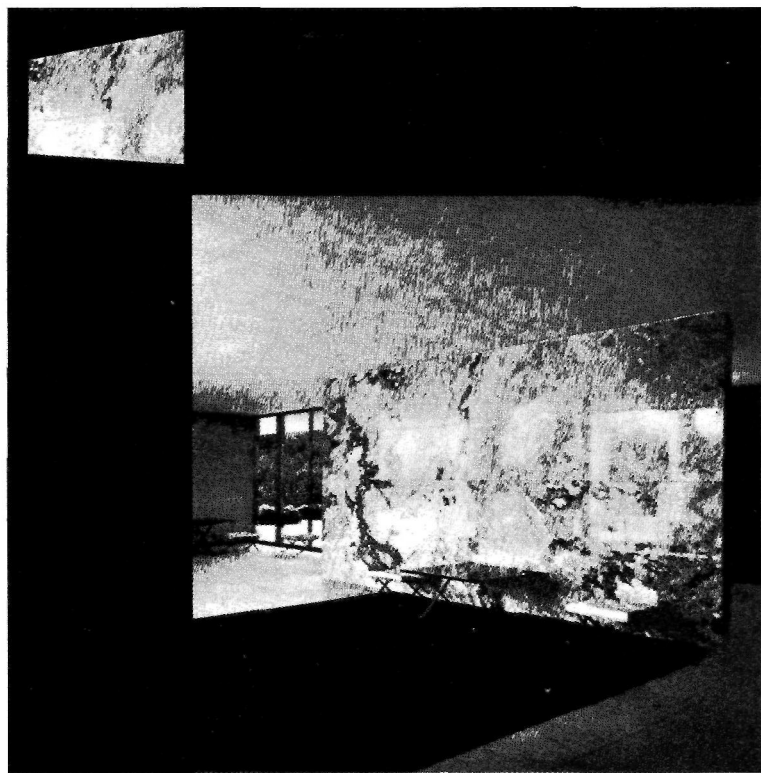
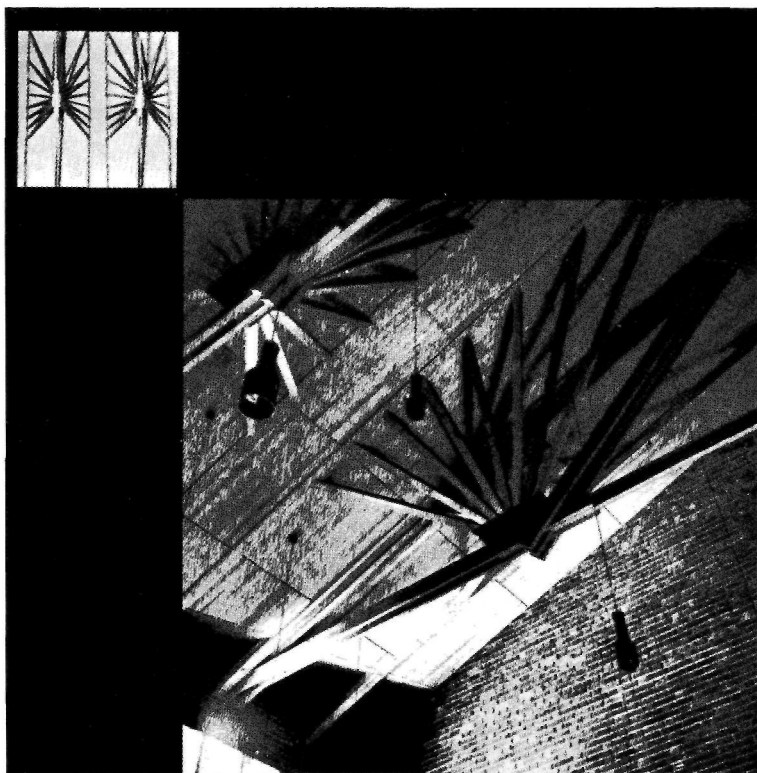
Si definiscono **materie prime per l'edilizia** quelle che danno origine a qualsiasi «materiale organizzato» (MB, ECB, ECF) da applicare in un procedimento costruttivo. Possono essere naturali o artificiali.
La natura ha sempre offerto all'edilizia, nei vari periodi storici e nelle diverse condizioni geografiche, una vasta gamma di materie prime; basterà ricordare i materiali litoidi (a, b), il legno (c), l'argilla (d), l'acqua (e), il gesso (f).

(segue)

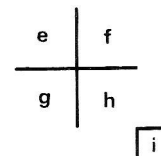
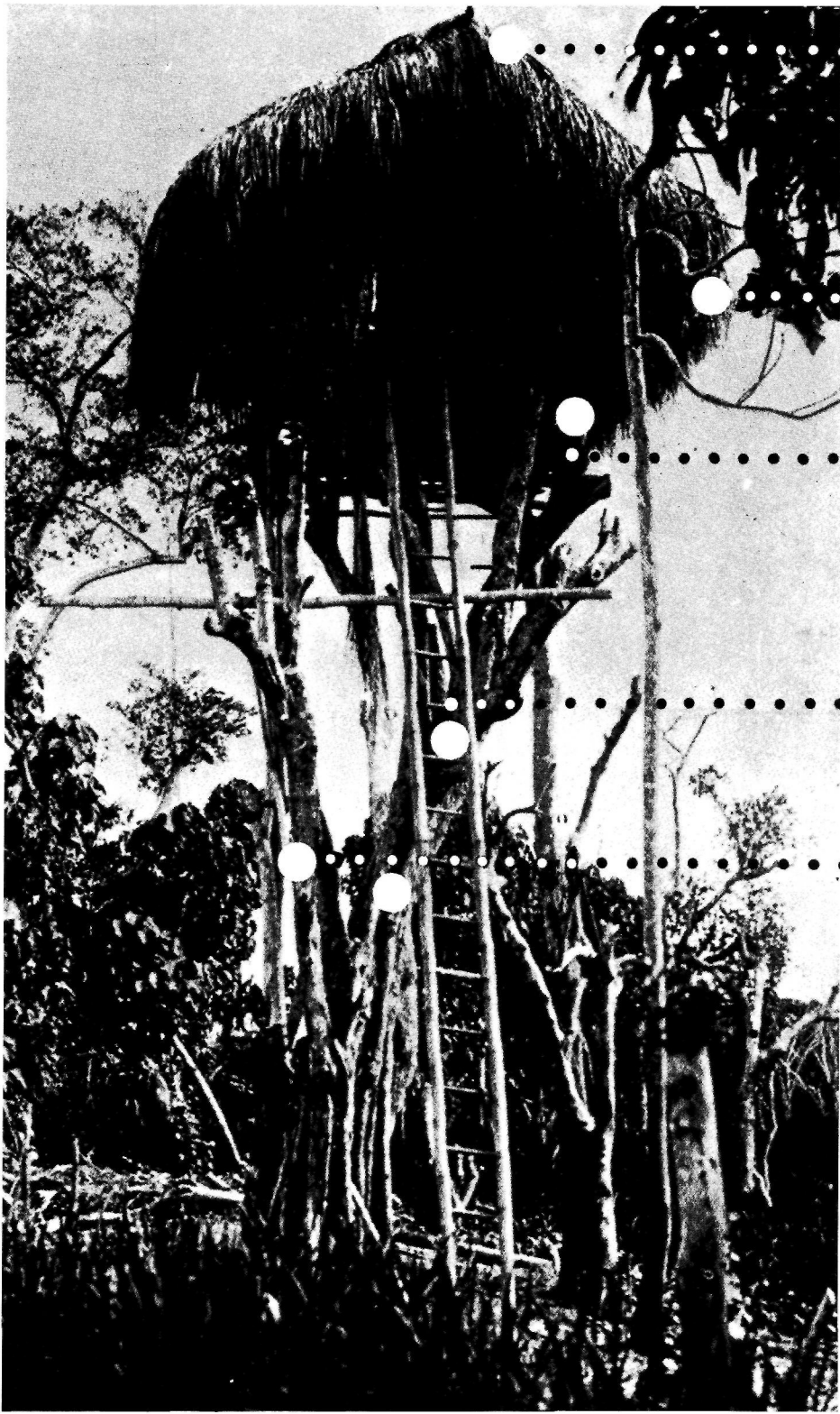
g	h
i	l
m	n

L'uomo, d'altra parte, ha sempre ricercato procedimenti per ottenere artificialmente materie prime per l'edilizia; in particolare dallo scorso secolo ad oggi si è avuto un profondo progresso tecnologico che ha condotto sia ad una produzione industriale delle materie già conosciute sia alla introduzione di nuove.
Si menziona a titolo esemplificativo: la produzione industriale dei cementi (g) e delle calci (h); lo sfruttamento dell'aria in pressione (i, l) con funzioni portanti; la siderurgia industriale (m); l'introduzione delle resine sintetiche (n).

a | b
c | d

TAVV. 64-65. — IL COMPONENTE EDILIZIO

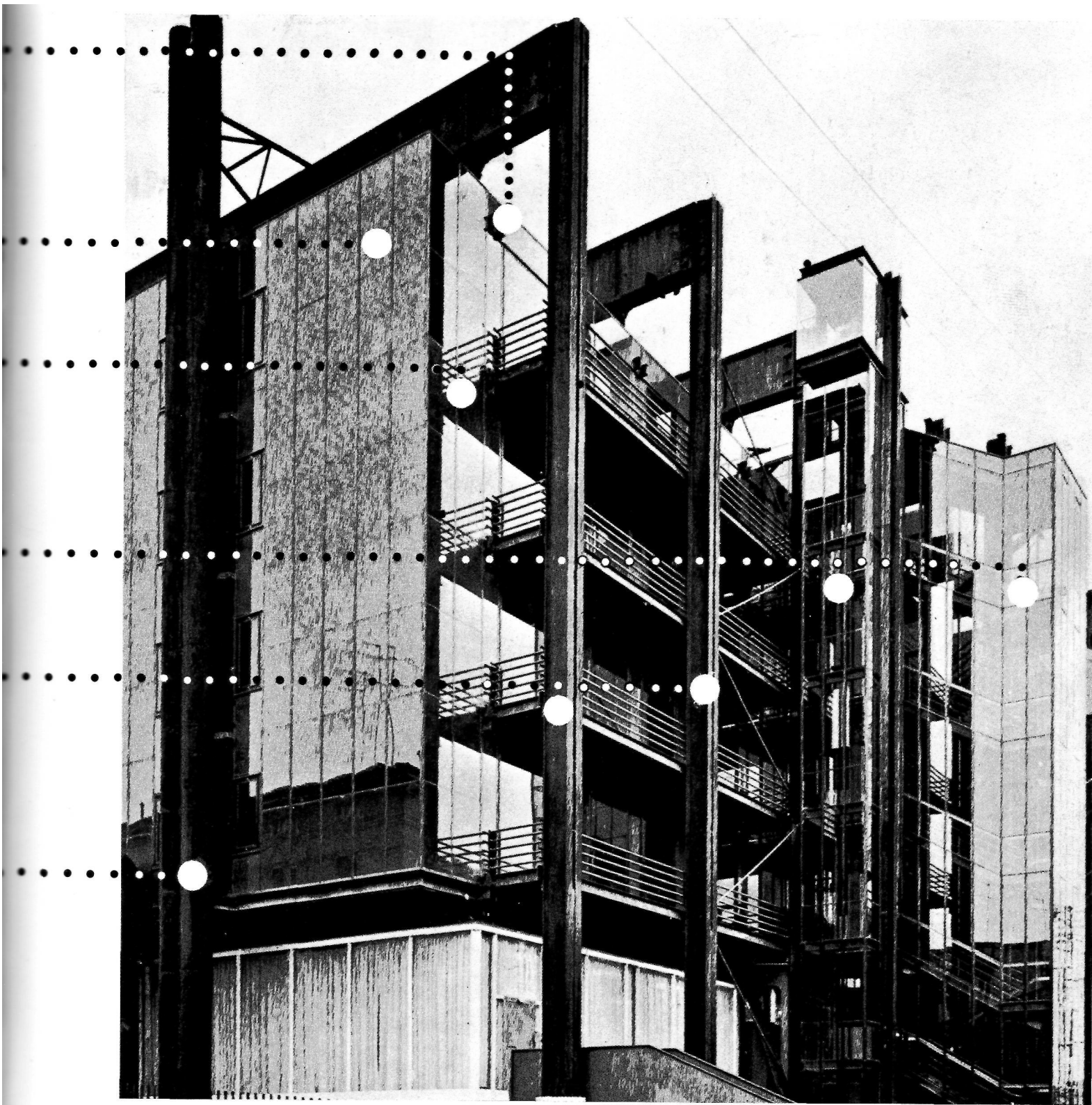
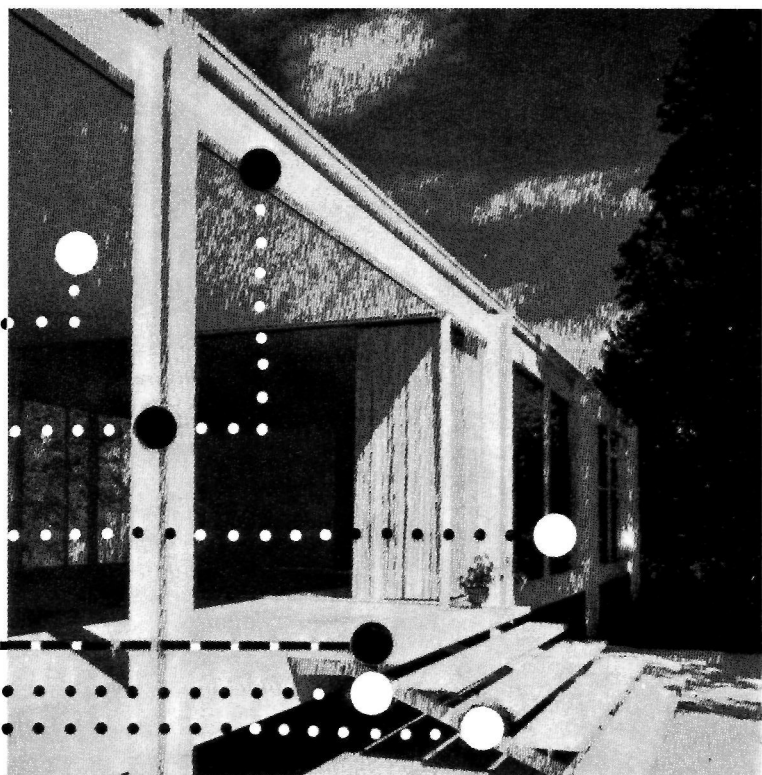
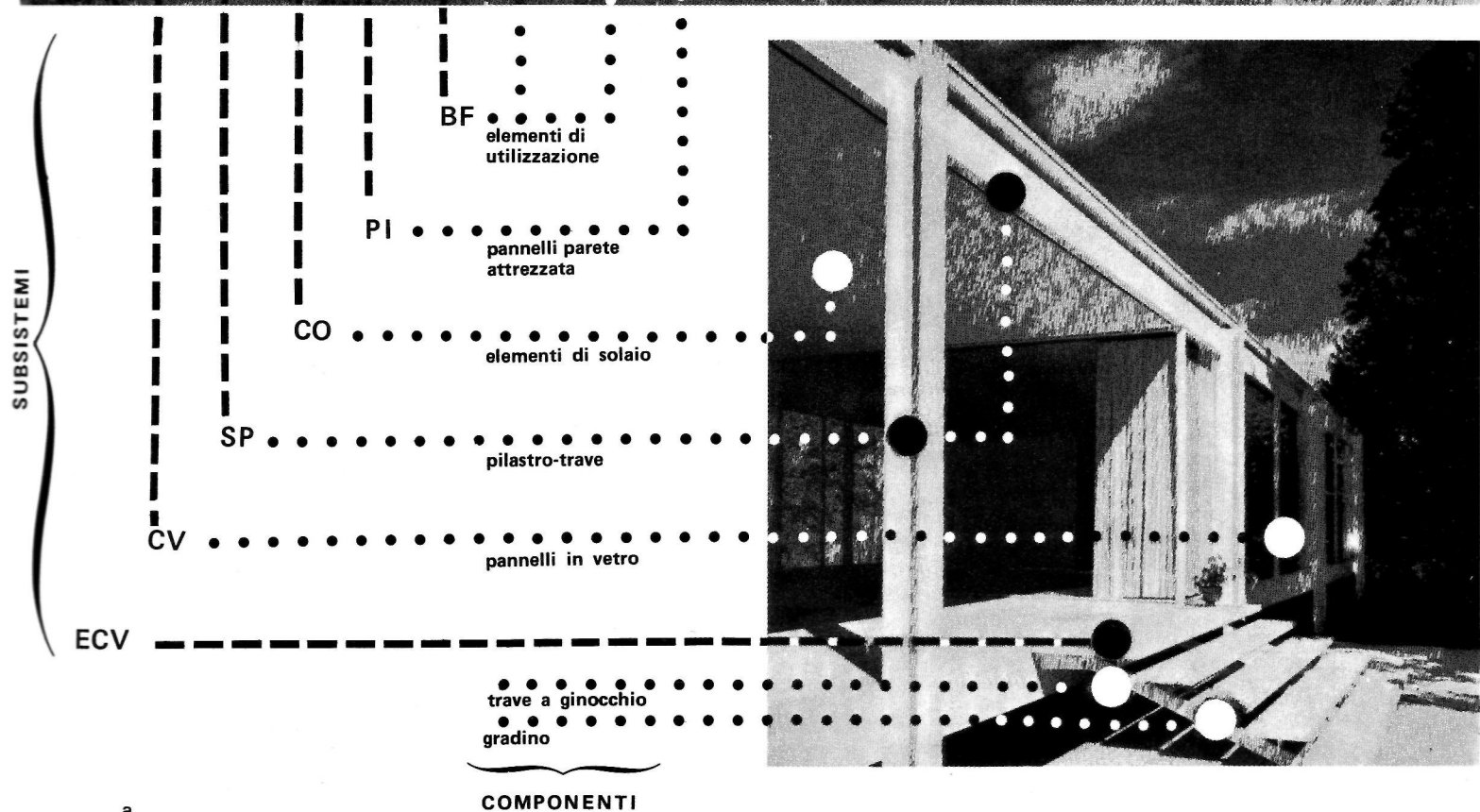
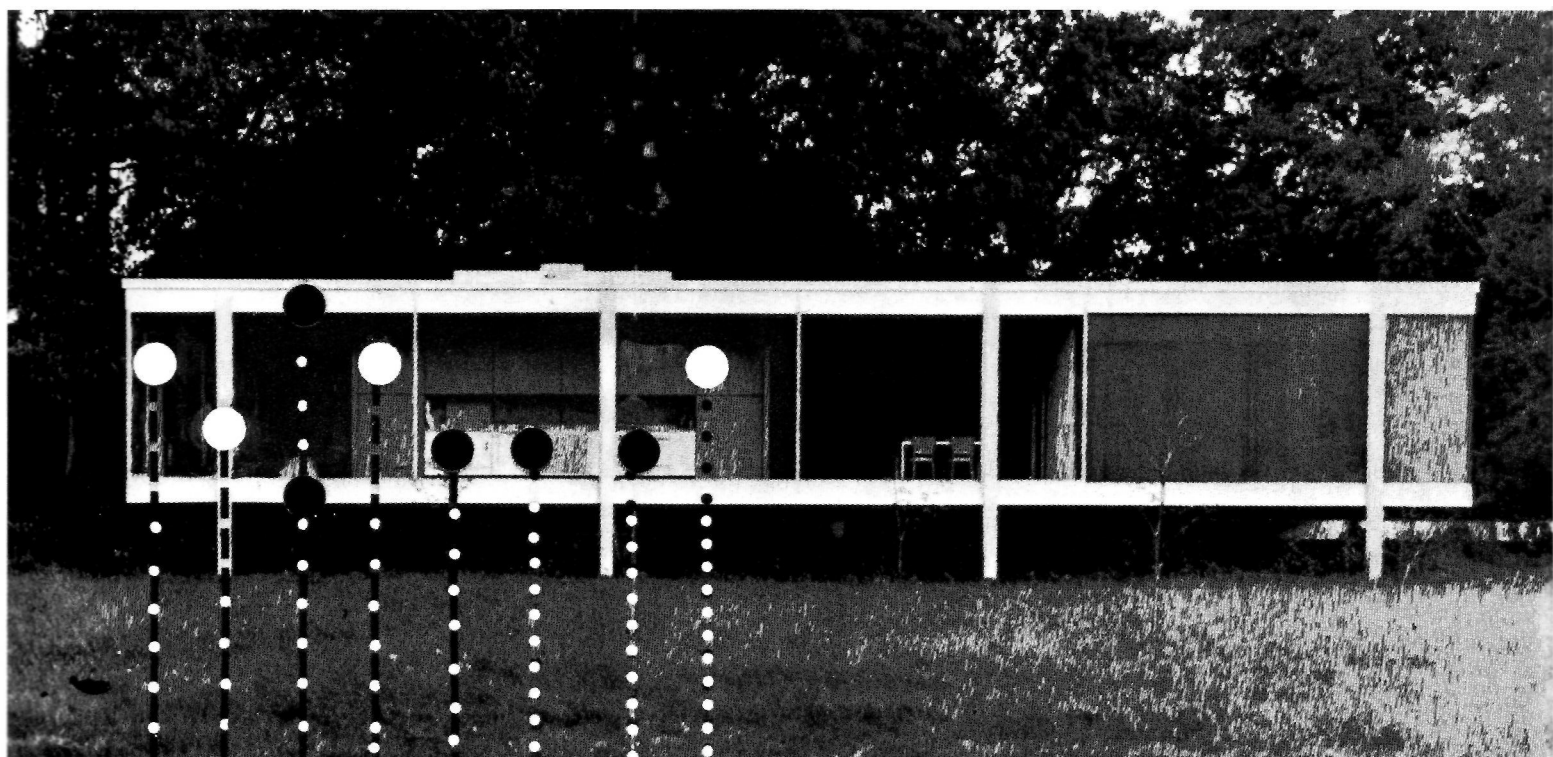
Il «materiale» acquista una sua identità architettonica soltanto nel legame indissolubile con l'organismo che lo comprende e che esso stesso concorre a «formare». In questo senso l'elemento costruttivo funzionale, la cui definizione ha solo un valore strumentale come si è già detto (vedi Tav. 52), diviene un'entità concreta e tangibile soltanto nella «lettura» dell'opera di cui fa parte integrante. Il processo di sintesi dell'azione-progetto determina il nesso «strutturale» tra l'oggetto, globalmente inteso, e i suoi **componenti.** Le immagini riportate nelle Tavv. 64-65 vogliono sintetizzare

a, tempio egizio a Karnak; b, palazzo Pitti a Firenze (Brunelleschi); c, la cattedrale gotica di Le Mans; d, interno di palazzo rinascimentale.

(segue)

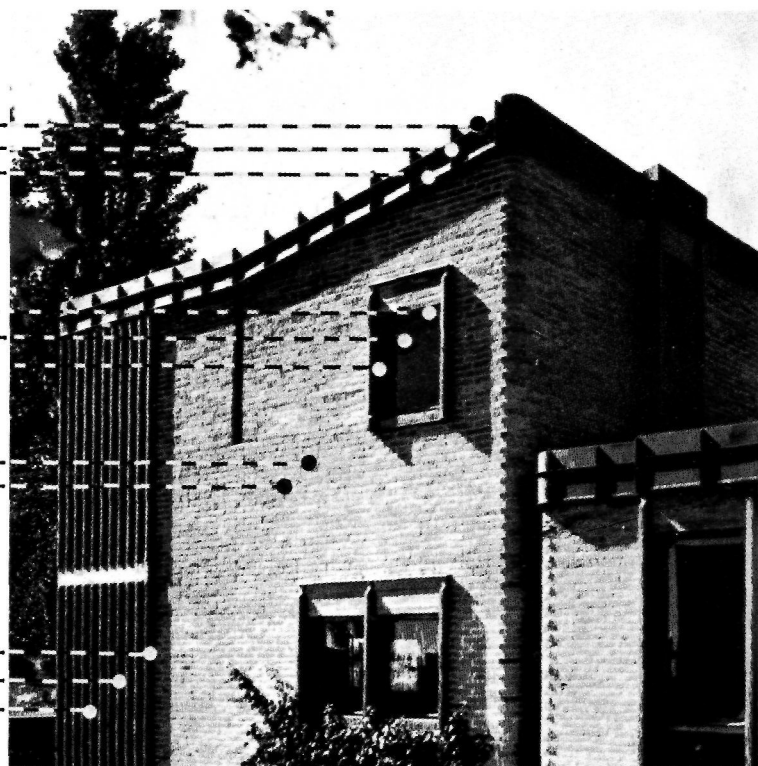
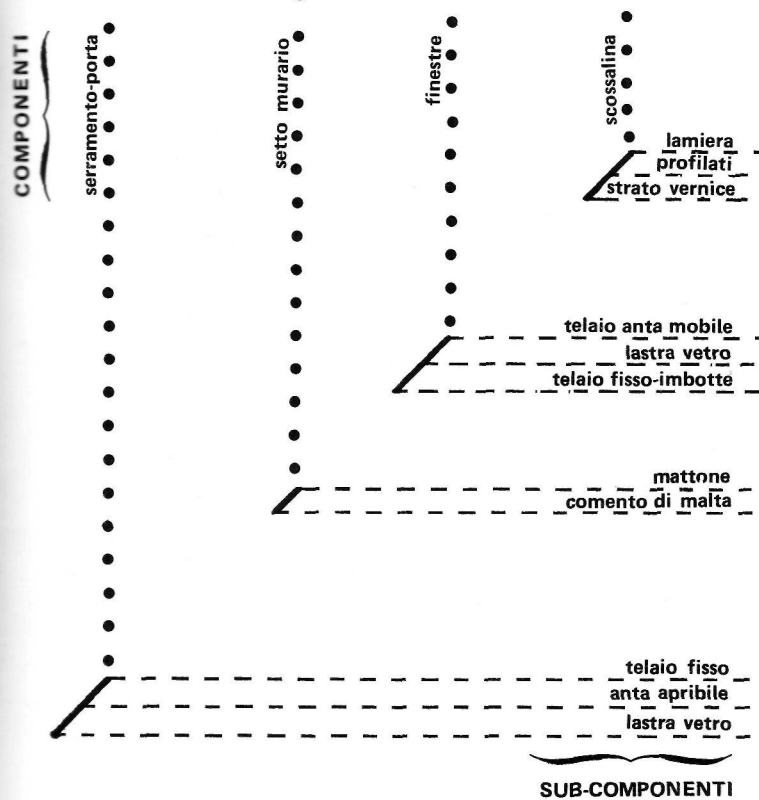
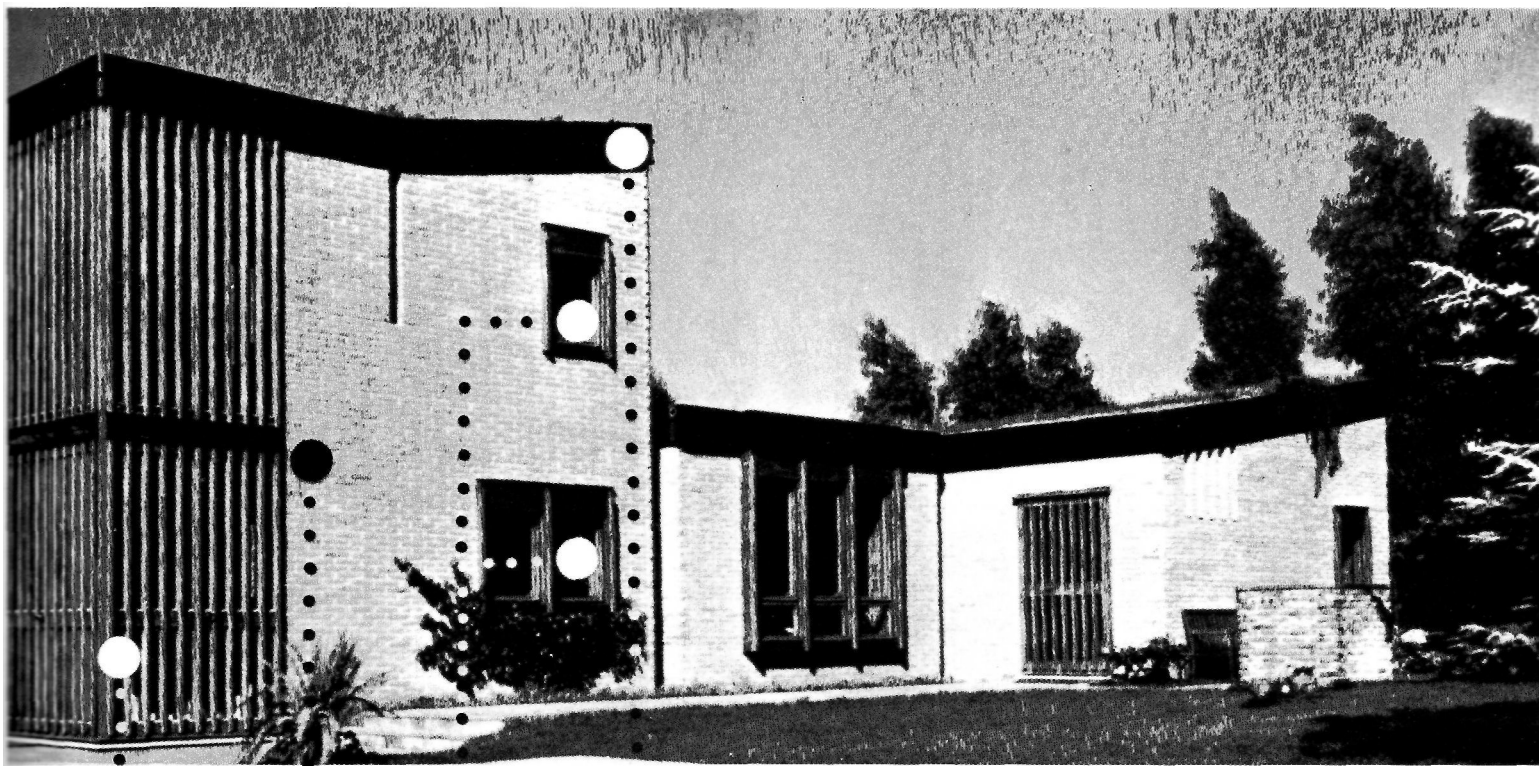
visualmente come il considerare l'elemento costruttivo funzionale un'entità autonoma sia una pura astrazione, anche se necessaria a fini classificatori e operativi.
L'architrave (a), l'arco (b), la volta (c), il solaio (d), le capriate (e), il tramezzo (f), il setto murario (g), lo strato d'intonaco (h), il serramento (i), possono trovare la loro identità reale soltanto nel contesto di un'opera, in qualità di **componente,**

e, interno del municipio di Säynatsälo (arch. A. Aalto); f, casa Tugendhat a Brno (arch. Mies Van der Rohe), g, chiesa dell'autostrada del Sole (arch. G. Michelucci); h, villa «la saracena» (arch. L Moretti); i, scuola a Harby in Danimarca (arch. A. Jakobsen).

TAVV. 66-67. — IL SISTEMA E I SUBSISTEMI

Esempio di «lettura» in chiave tecnico-costruttiva di organismi edilizi: l'apparecchiatura costruttiva come **sistema** di relazione tra gli elementi di fabbrica, **i subsistemi** (vedi anche Tav. 37).

a, abitazione primitiva nelle Filippine.

b, sede della cassa di risparmio a Parma Carch. G. Canali, Ing. Banzola).

TAV. 68. — SUBSISTEMI E COMPONENTI

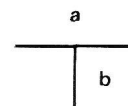
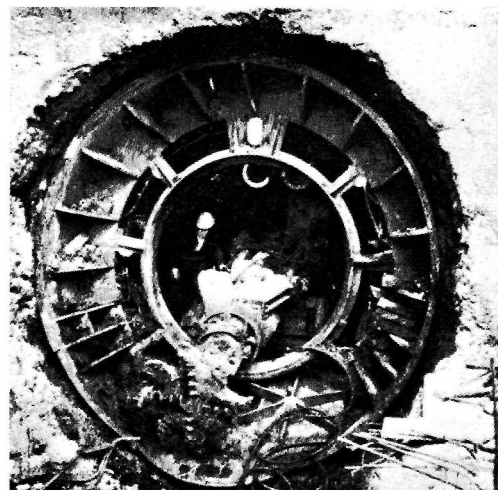
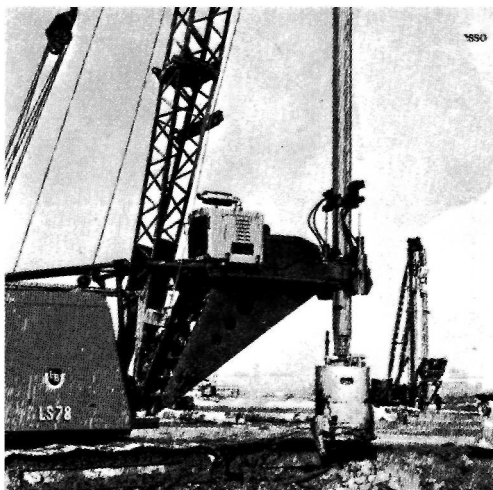
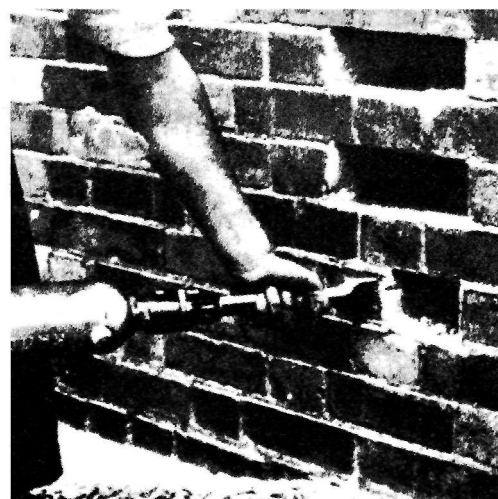
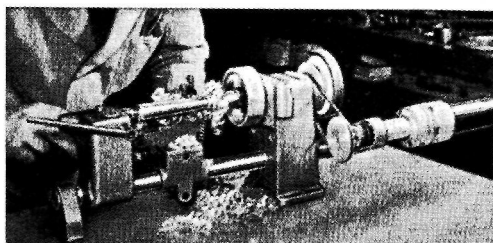
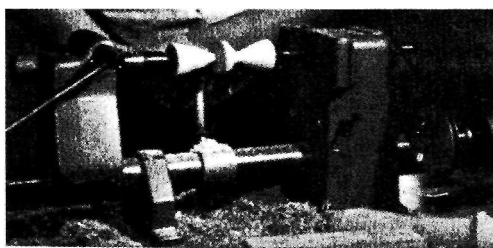
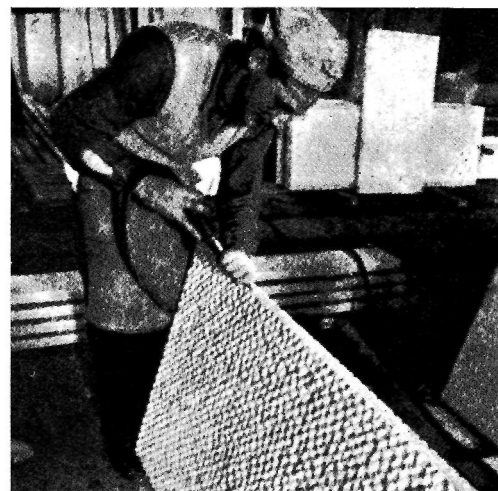
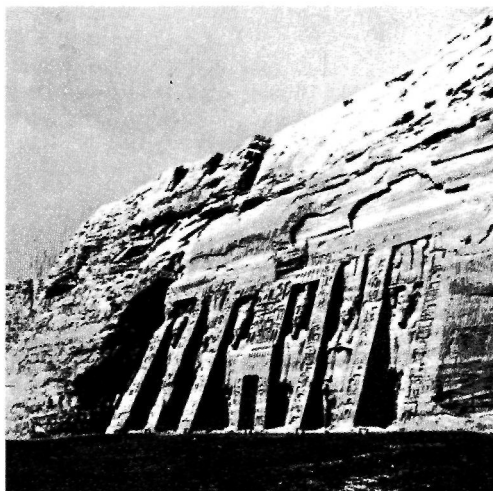
Esempio di «lettura» in chiave tecnico-costruttiva di un organismo edilizio: gli elementi di fabbrica, i subsistemi, come insieme correlato di elementi costruttivi funzionali, i componenti.

a, b, Fox River House (arch. Mies Van der Rohe).

TAV. 69. — COMPONENTI E SUBCOMPONENTI

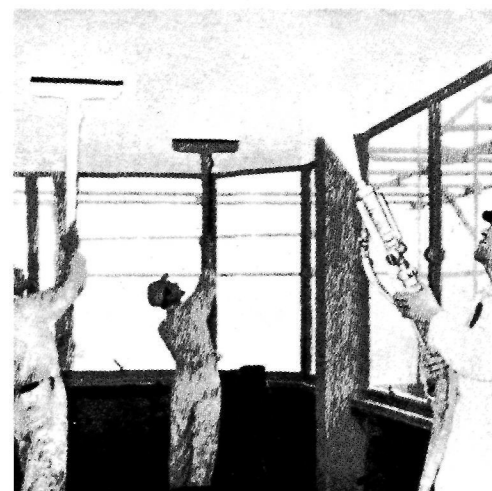
Esempio di « lettura » in chiave tecnico-costruttiva di un organismo edilizio: gli elementi costruttivi funzionali, gli elementi costruttivi base e i materiali base si integrano nel contesto dello «spazio costruito» in quanto **componenti** e **subcomponenti** propri della «struttura» globale dell'oggetto esaminato.

a

b

a, b, casa unifamiliare a Roma.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

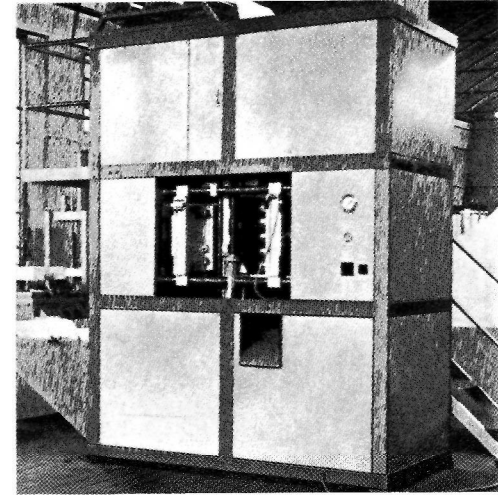
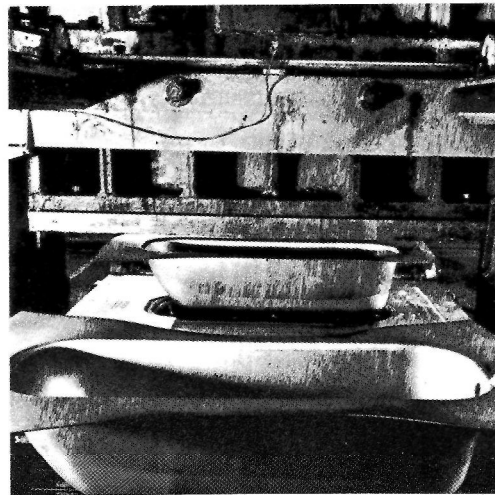
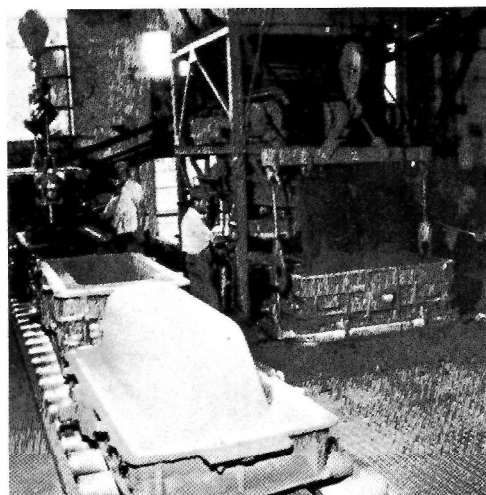
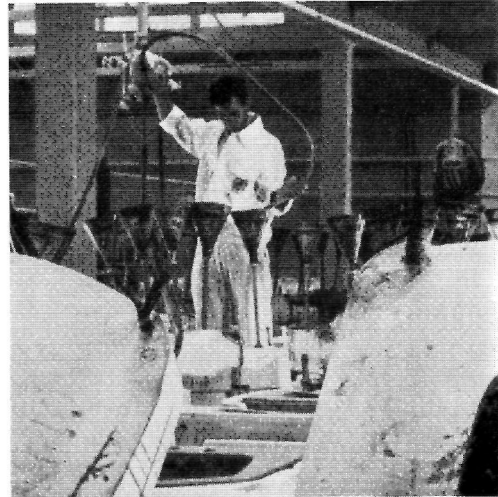
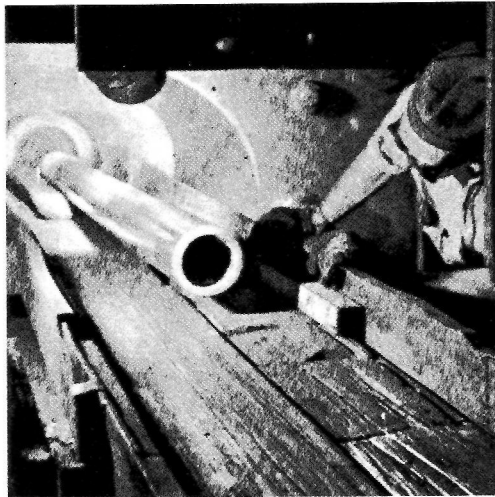
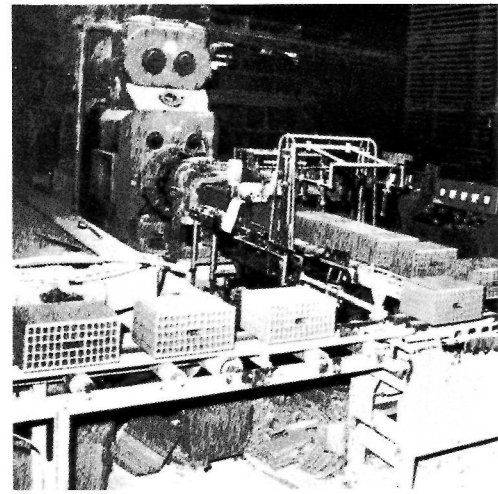
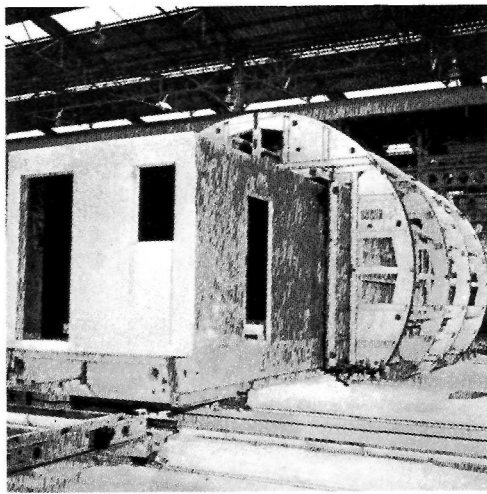
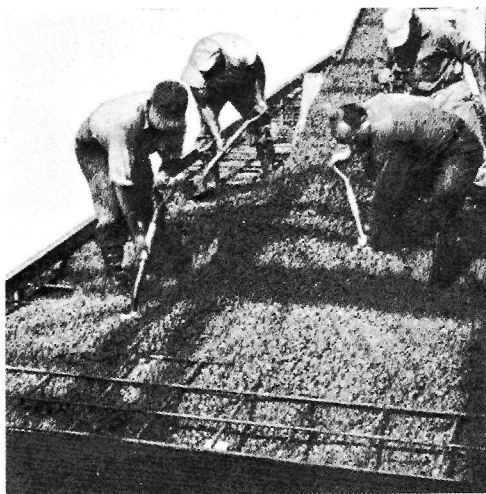
TAV. 70. — PRINCIPI ELEMENTARI DI LAVORAZIONE: ASPORTAZIONE

Per «costruire» la forma ipotizzata è necessario individuare, nell'azione-progetto, il materiale o i materiali che hanno potenzialmente tale capacità. Il materiale deve innanzitutto offrire una lavorabilità adatta per ottenere l'oggetto; pertanto nel momento progettuale si definiscono i **princìpi di lavorazione** da adottare nella fase realizzativa.
I princìpi di lavorazione sono detti **elementari** se riferiti alla «costruzione» di un mono-pezzo.
Il principio elementare **dell'asportazione** sta ad indicare che, partendo da un «blocco» di maggiori dimensioni, si ottiene l'oggetto per sottrazione di materiale. Questo principio può essere riferito sia alla lavorazione di oggetti edilizi « finali » sia ad oggetti edilizi « intermedi ».
Popolazioni allo stato primitivo hanno spesso ricavato abitacoli realizzando «caverne» artificiali (vedi ad es. l'insediamento a Matmata in Tunisia, a). Nel periodo egizio vennero scavati templi nella roccia, come quello rupestre di Rameses III (b). Per la realizzazione di elementi costruttivi sono tipiche le lavorazioni per asportazione ad es. della pietra (subbiatura di lastre, c) e del legno (ad es. piallatura e tornitura d, e). Nel cantiere edile l'« asportazione» viene adottata correntemente, come ad esempio per la realizzazione di «tracce» (f), nelle opere di sbancamento (g), nelle trivellazioni per i pali (h) e nell'apertura di gallerie (i).

TAV. 71. — PRINCÌPI ELEMENTARI DI LAVORAZIONE: MODELLATURA DIRETTA

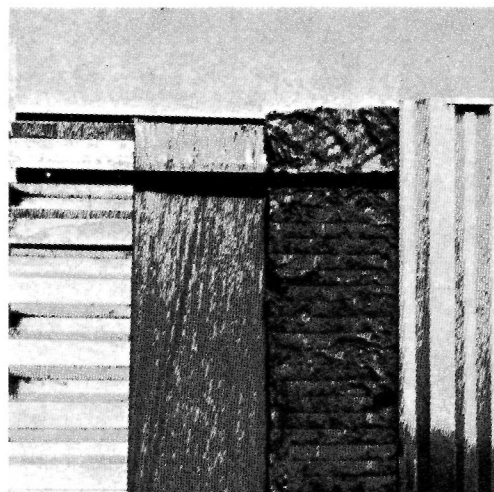
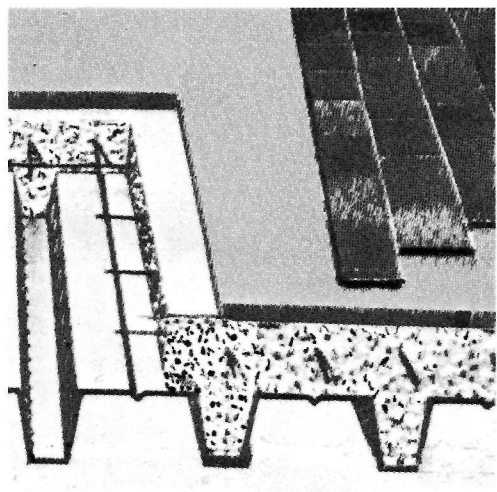
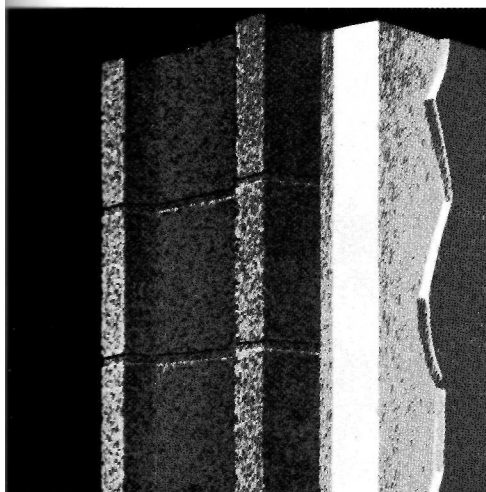
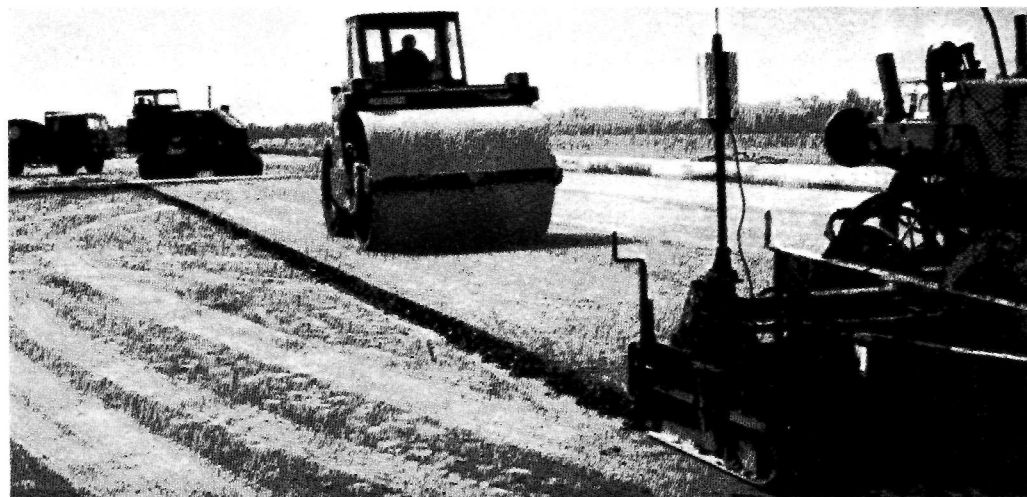
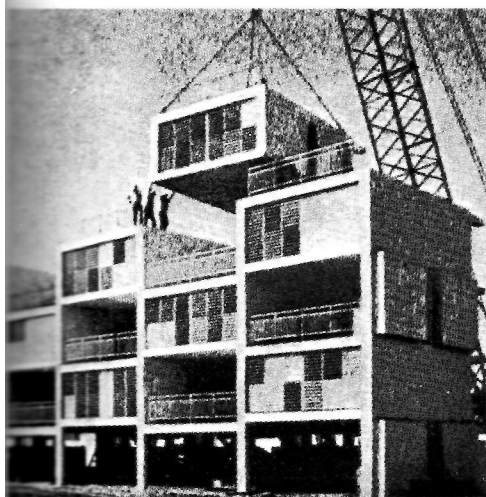
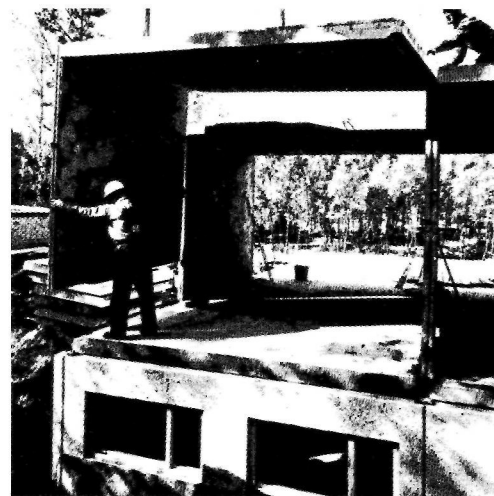
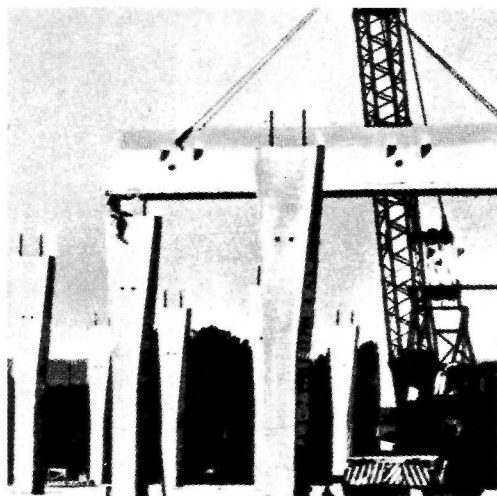
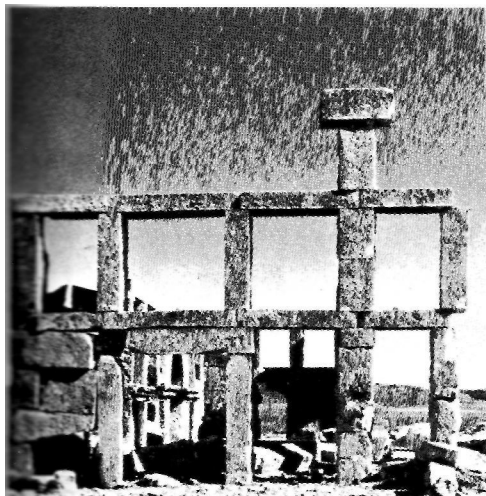
a	b	c
d	e	f
g	h	i

Altro principio elementare di lavorazione è la **formatura,** cioè l'oggetto si ottiene con materiali suscettibili di acquistare la forma desiderata mediante un'operazione di modellatura che può essere **diretta** o **indiretta.** **Modellatura diretta** significa che la forma viene determinata a mano o con mezzi meccanici dall'operatore nel momento stesso della lavorazione, cioè senza predisporre a monte un modello in negativo.

Rientrano nella «modellatura diretta» sia le lavorazioni di tipo primordiale (ad es. capanne e granai di impasto di terra e foglie delle tribù Matakam, a), sia le lavorazioni artigianali delle ceramiche (b), del vetro (c), del ferro (d). Si basa sulla «modellatura diretta» anche la piegatura a mano o con mezzi meccanici dei tondini per le armature dei getti, nonché la formazione, per spalmatura o spruzzatura, di intonaci (f, g, h, i); questi necessitano di un supporto, ma sono definiti nello spessore e nell'aspetto superficiale direttamente dall'« operatore ».

In senso lato anche la formazione di un rilevato stradale e di una diga in terra, affettuata a mano o con mezzi meccanici, ricade nella «modellatura diretta» (e).

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 72. — PRINCIPI ELEMENTARI DI LAVORAZIONE: MODELLATURA INDIRETTA

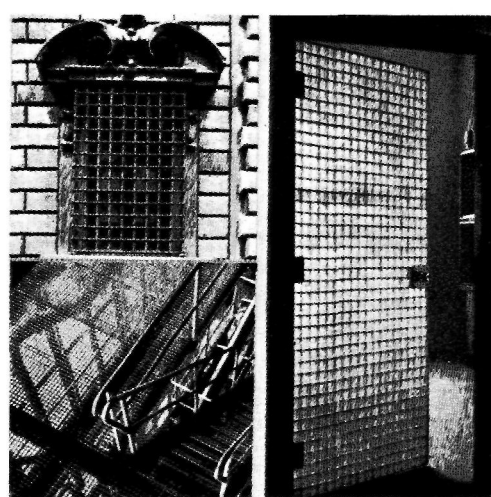
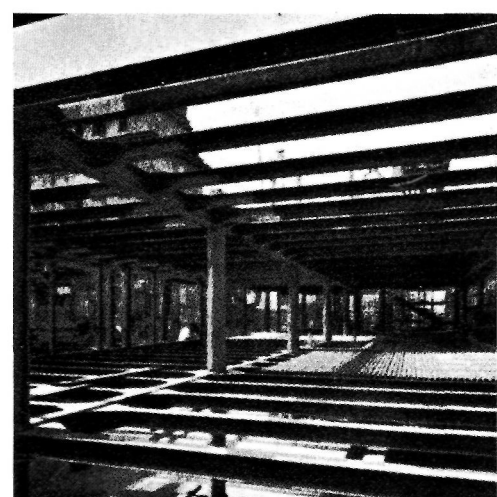
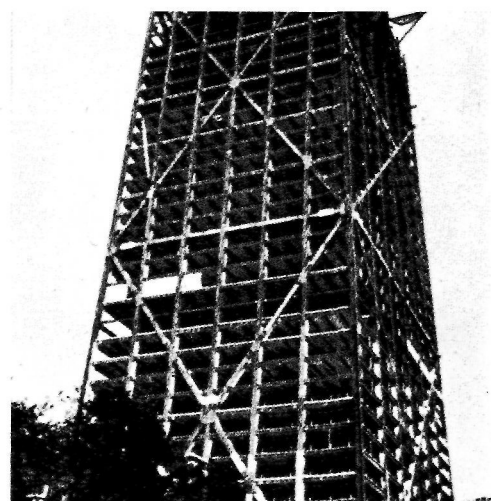
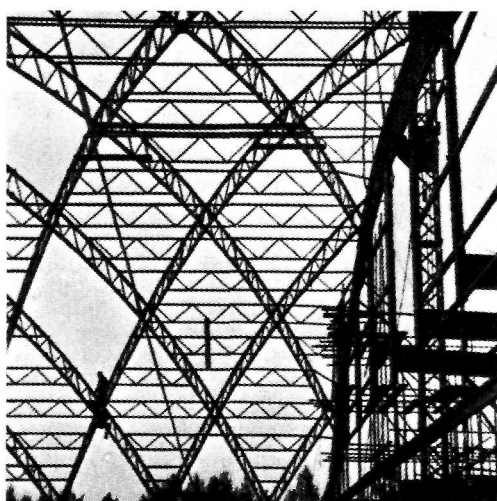
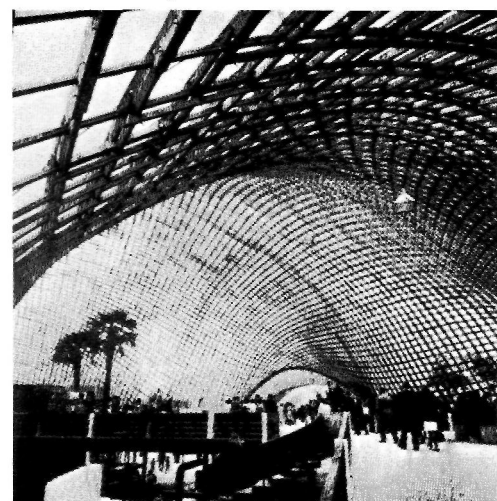
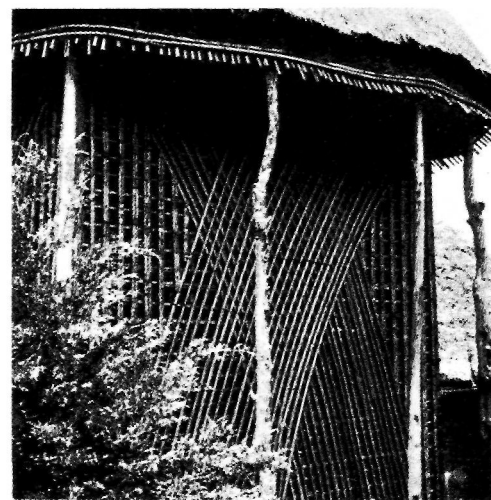
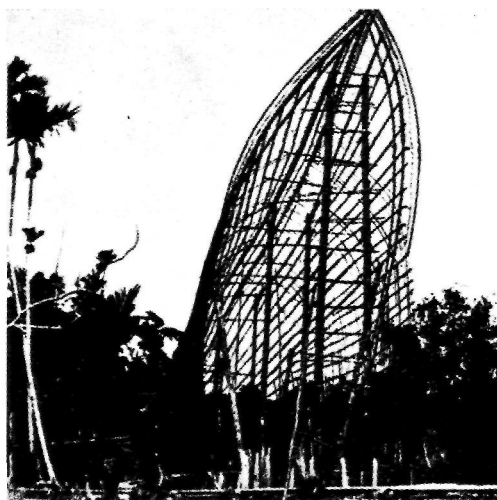
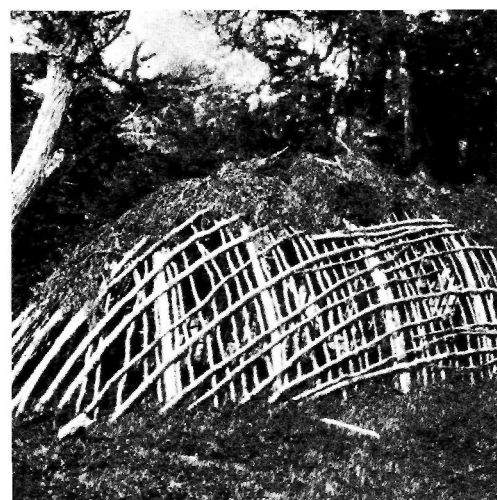
Qualora per realizzare la forma si predispongono modelli in negativo o matrici, quali stampi, trafile, casseforme, ecc., si ha la **modellatura indiretta.** In genere si usano materiali allo stato fluido o pastoso che solidificando assumono la forma della matrice, oppure materiali solidi che vengono «formati» per deformazione plastica a caldo o a freddo. Nella «modellatura indiretta» rientrano ad esempio: i getti di calcestruzzo in casseforme, realizzati in opera (a) e in officina (b); la trafilatura dei laterizi (c); la profilatura a caldo di elementi in acciaio (d); l'estrusione di elementi in alluminio (e); la formatura dei lavabi in ceramica (f); la formatura delle vasche per colata di ghisa (g); lo stampaggio di vasche in lamiera (h); l'insuflaggio di oggetti in materie plastiche (i).

TAV. 73. — PRINCIPI COMPLESSI DI LAVORAZIONE: ADDIZIONE E STRATIFICAZIONE

a	b	c
d	e	
f	g	h

I princìpi di lavorazione sono detti **complessi** se riferiti alla realizzazione di un oggetto « composito », cioè costituito da più « pezzi » ottenuti sia per asportazione che per formatura.

Con il principio **dell'addizione** si realizza l'oggetto mediante sovrapposizione e giustapposizione di elementi «tridimensionali», quali conci, blocchi, architravi, colonne, ritti, gusci, cellule spaziali, ecc.

La **stratificazione** si ha quando l'oggetto è costituito da una successione di strati ottenuti o con elementi «bidimensionali» o con materiali base.

a, addizione di «triliti» in epoca romana; b, addizione di elementi prefabbricati di uno scheletro portante in c.a.; e, sovrapposizione e giustapposizione di «gusci» prefabbricati in c.a.; d, addizione di cellule spaziali; e, manto stradale realizzato per stratificazione; f, pluristrato di finitura su di un setto murario realizzato per addizione di conci; g, la chiusura orizzontale come «pacchetto pluristrato» di elementi bidimensionali e materiali base; h, .tamponatura «sandwich».

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 74. — PRINCIPI COMPLESSI DI LAVORAZIONE: ORDITURA E TESSITURA

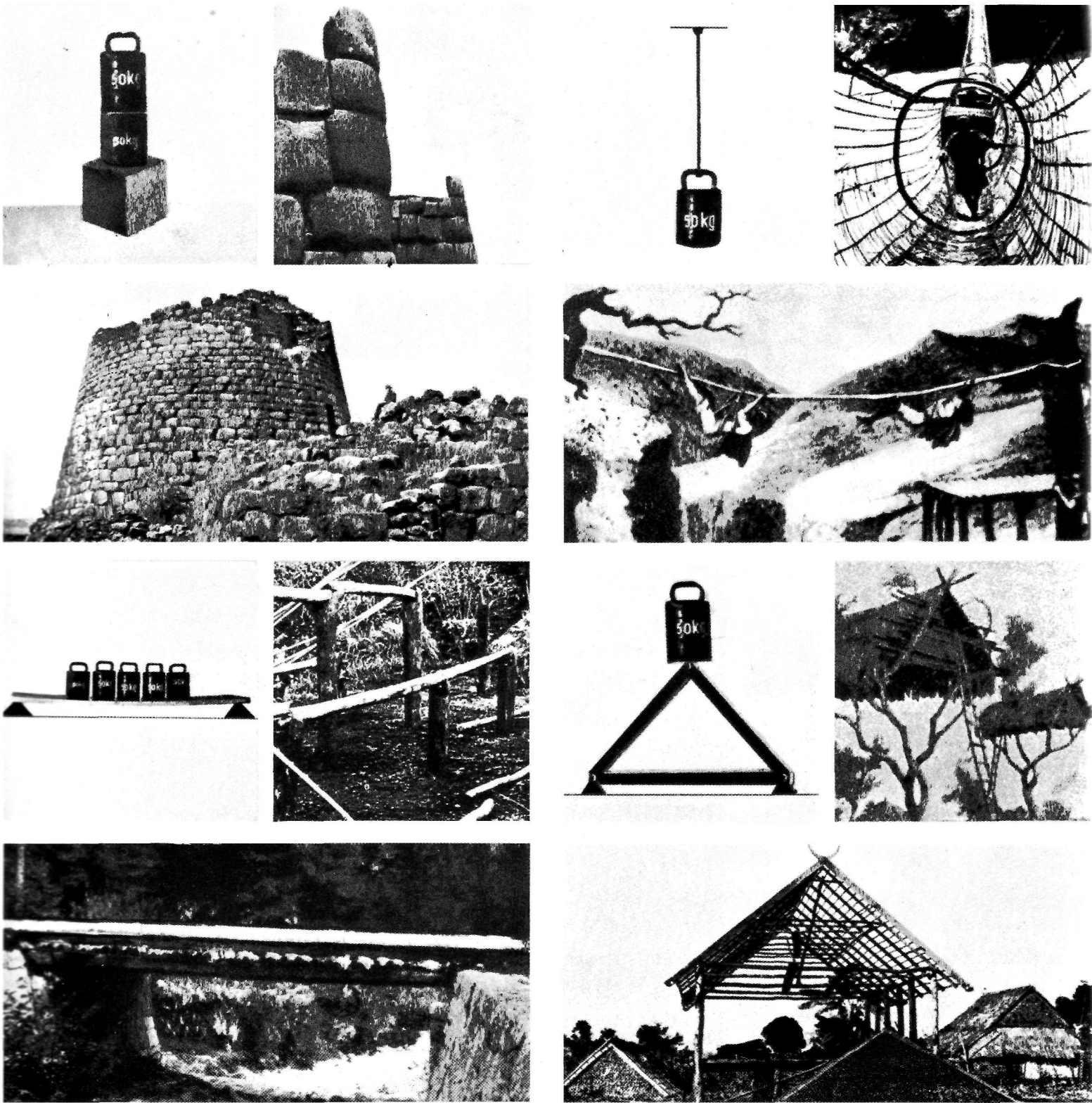
L'orditura o la tessitura di elementi lineari consente di realizzare oggetti di diversa forma, dalla piana alla spaziale. La tessitura, come gli altri princìpi di lavorazione, ha origini lontane, come dimostrano le realizzazioni di popolazioni primitive che usano materiali lignei flessibili (ad es. a, ricoveri dell'America del Sud; b, costruzioni delle isole Fiji; c, capanne Bamilekè nel Camerum). Sullo stesso principio, oggi, sono basate le grandi coperture spaziali in legno (d, mercato dei fiori a Mannheim), in acciaio (e, grande copertura a Kladno, Cecoslovacchia) e in c. a.
Il criterio di realizzare una trama tridimensionale, come lo scheletro portante (f, J. Hancock Center, Chicago), o bidimensionale, come i solai orditi monodirezionalmente (g) e bidirezionalmente (h), può essere ricondotto al principio della tessitura. Gli elementi costruttivi come le inferriate, le ringhiere, le griglie e i supporti cellulari per porte (i), ecc. sono impostati sul medesimo principio.

TAV. 75. — PRINCÌPI COMPLESSI DI LAVORAZIONE: UNIONI

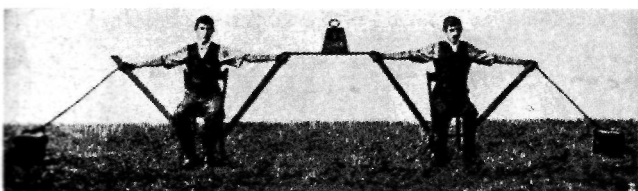
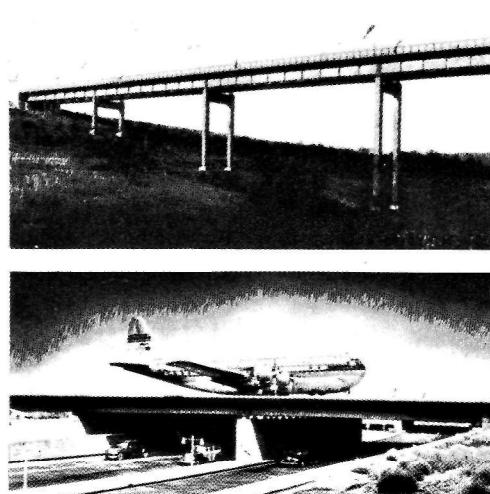
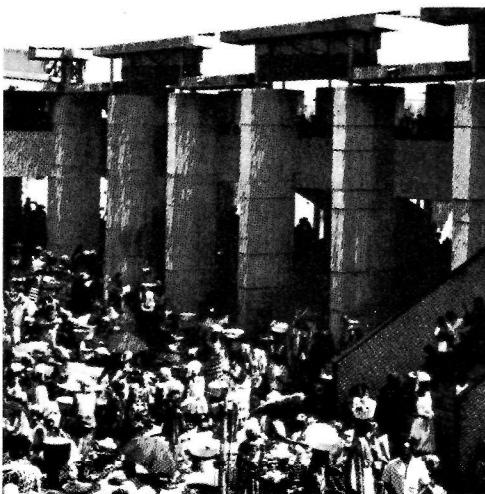
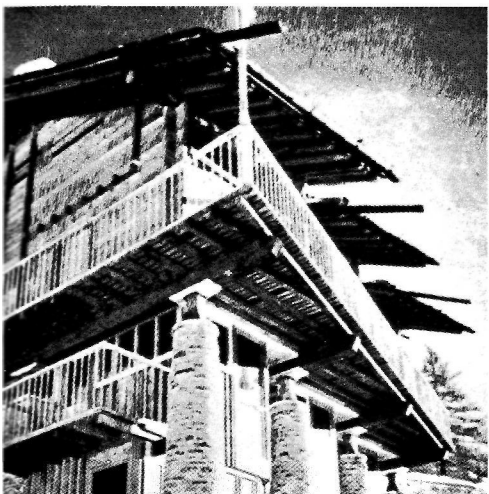
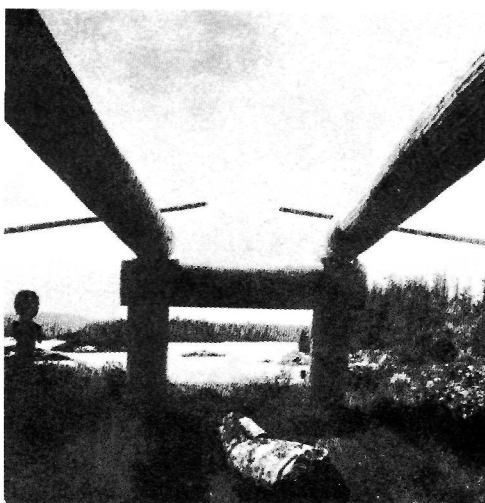
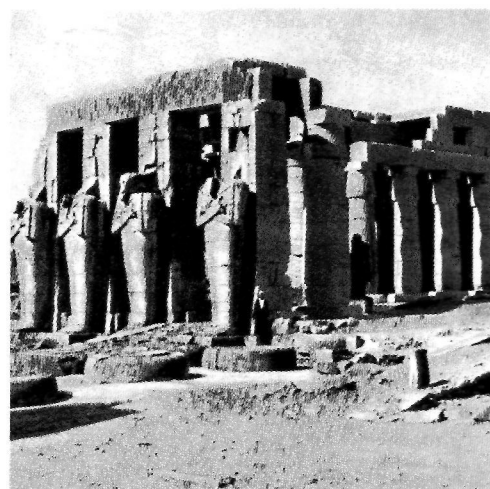
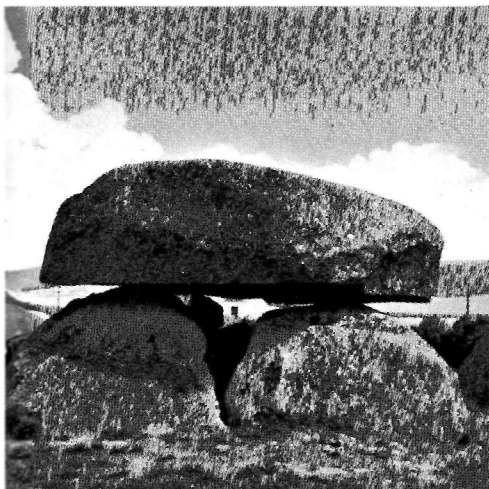
a	b	c
d	e	f
g	h	i

Nella formazione di oggetti composti di più parti è necessario studiare modi e mezzi di **unione.** Prescindendo dal più elementare, per **sovrapposizione** (collegamento affidato all'attrito), si hanno i seguenti modi di connessione tra due o più pezzi:

legatura: due o più pezzi sono uniti con elementi flessibili che li cingono, come giunchi, funi, graffe, ecc. (a, legatura di: «cameracanna»; tondini con filo di ferro; ritti « legati » in un edificio di A. Aalto); *aggraffaggio:* unione di due pezzi per piegatura sovrapposta dei rispettivi bordi, oppure tramite un elemento a «graffa» (b, aggraffaggio: a tenuta di lamiere di rame; di pannelli di lamierino; di elementi di lamiera per solai); *incollatura e saldatura:* unione mediante un materiale base adesivo oppure collegamento per riscaldamento con o senza materiale d'apporto (c, incollatura di: elementi metallici di un ponte; di rivestimenti; d, saldatura di elementi metallici e di materie plastiche); *ammaraggio:* unione per aderenza di un elemento e di una massa di materiale base solidificato che lo avvolge (e, zanche per lastre e per serramenti; attacco di una catena in un cordolo; f, paraspigoli nell'intonaco; piastra di sollevamento di un pannello-solaio; tondini nel calcestruzzo); *penetrazione,* unione che può avvenire: per *infilaggio* delle parti direttamente tra loro o di un connettore tra le parti (g, ad es., infilaggio di perni, bulloni e, al limite, di una cellula nell'ossatura portante); per *innesto* tra le parti predisposte a «maschio e femmina» (h); per *infissione,* come la chiodatura e i connettori per gli elementi in legno e, al limite, i pali infissi (i).

Nella classificazione fatta rientrano altre unioni, ad es. quella con vite o con bullone e dado è da considerare una « penetrazione ad aderenza migliorata » che consente il **serraggio.** In genere le attrezzature di giunto si ottengono con uno o più dei modi sopraddetti; oltre alle **unioni di forza,** occorre considerare anche le **unioni di tenuta,** da ottenere con alcuni dei suddetti modi o con altri (battentatura, sigillatura, stilatura, ecc.).

a | b | d | e
c | f
g | h | l | m
i | n
o

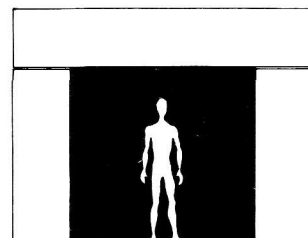
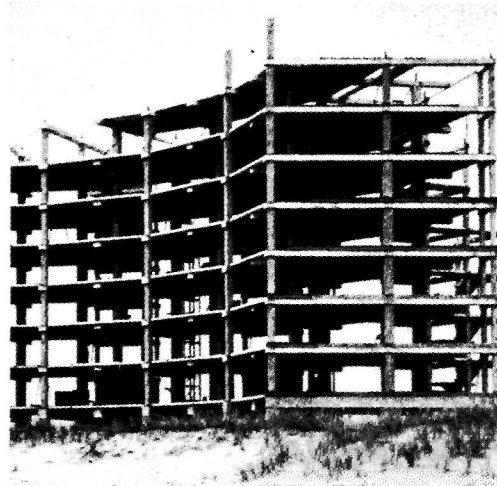
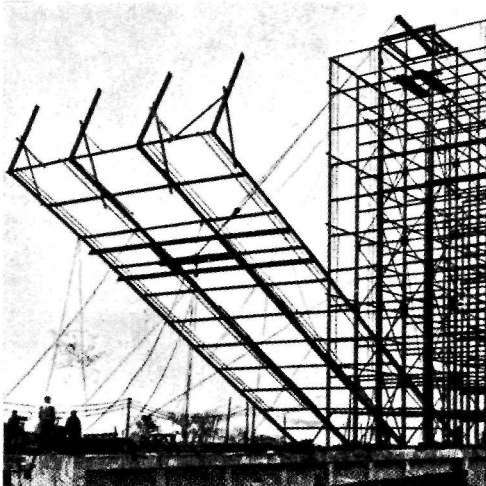
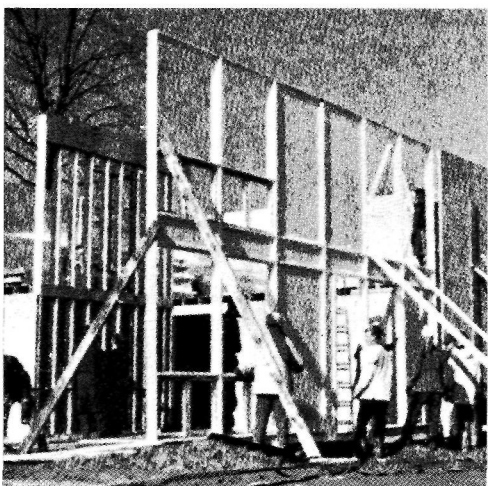
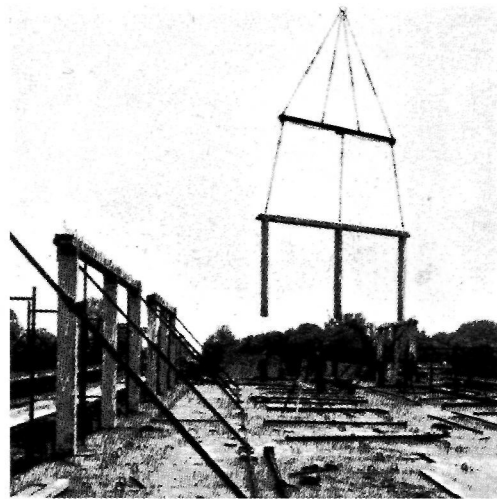
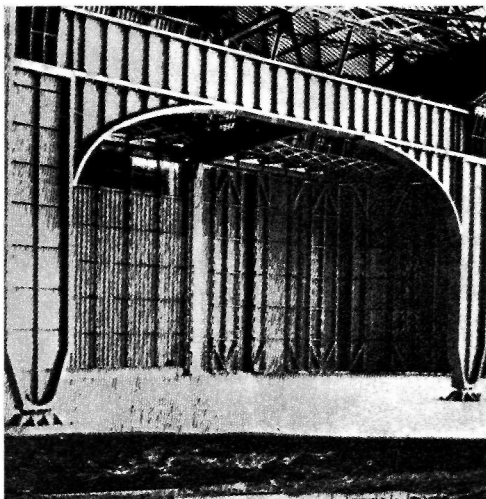
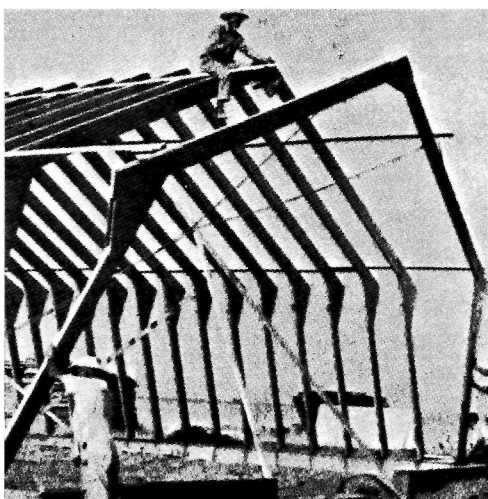
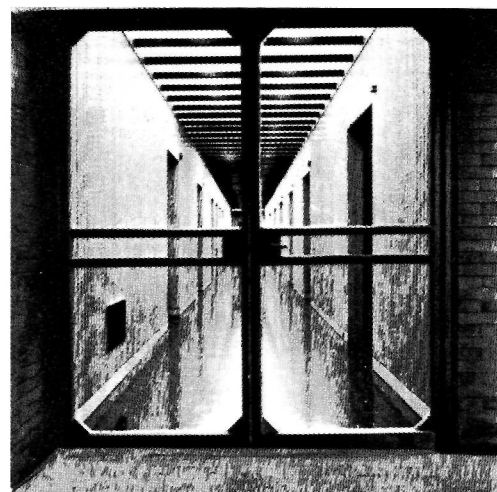
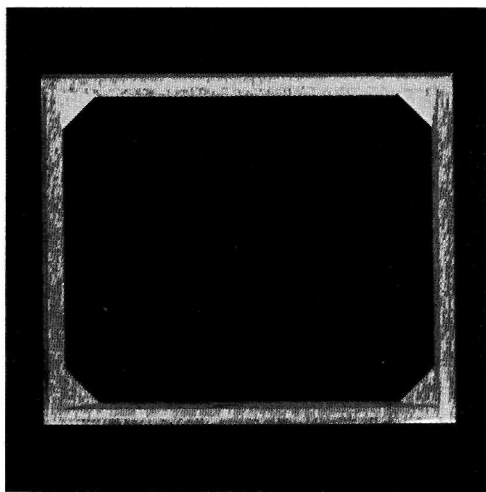
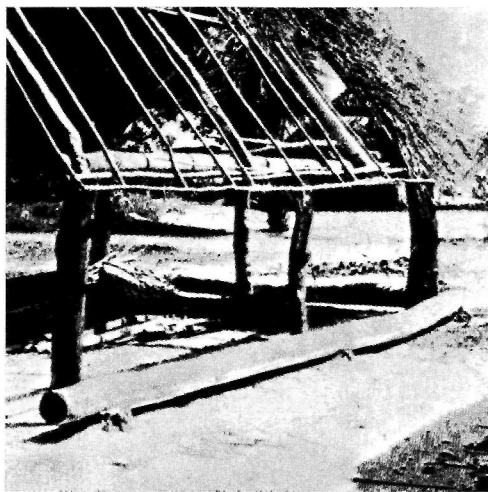
TAV. 76. — PRINCIPI COSTRUTTIVI ELEMENTARI

Nell'azione-progetto non si può prescindere dalla scelta dei materiali capaci di resistere alle sollecitazioni che devono sopportare l'oggetto ipotizzato, nel suo insieme, e le parti che lo compongono. Il considerare le capacità di resistenza dei materiali in senso assoluto consente di individuare dei **princìpi elementari** di utilizzazione che al limite possono caratterizzare l'intero procedimento costruttivo, ad esempio: utilizzare materiali capaci di resistere prevalentemente a compressione (a, b, c) ; sfruttare la capacità di resistere soltanto a trazione di determinati materiali (d, e, f) ; impiegare materiali in grado di resistere a sollecitazioni di flessione e implicitamente al taglio (g, h, i); individuare conformazioni costruttive tali da sfruttare le capacità di resistenza delle parti costituenti l'oggetto in modo differenziato, ad es. combinazione di elementi sollecitati a compressione e di elementi soggetti a trazione; ciò può essere ottenuto attraverso una «geometria della forma» (l, m, n) oppure attraverso una specifica tecnologia costruttiva, come è il caso del cemento armato. Comunque nella generalità dei casi l'apparecchiatura costruttiva viene impostata sulla combinazione di più princìpi elementari; in tal senso è significativa l'illustrazione (o) tratta da una enciclopedia dei primi del '900.

TAV. 77, — PRINCIPI COSTRUTTIVI COMPLESSI: IL TRILITE

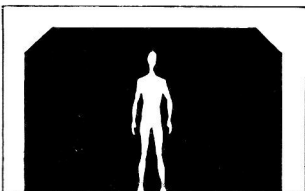
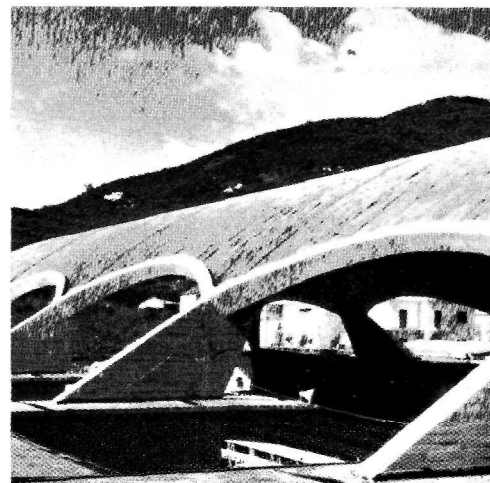
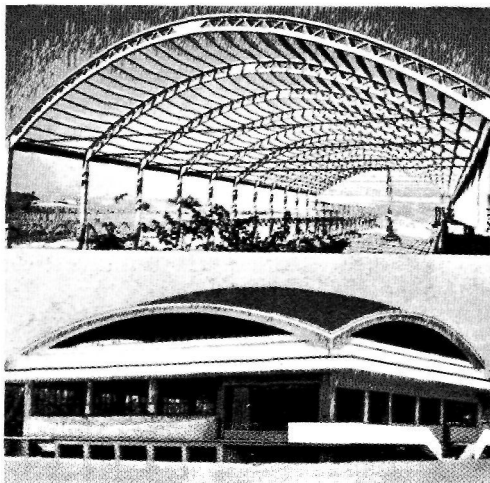
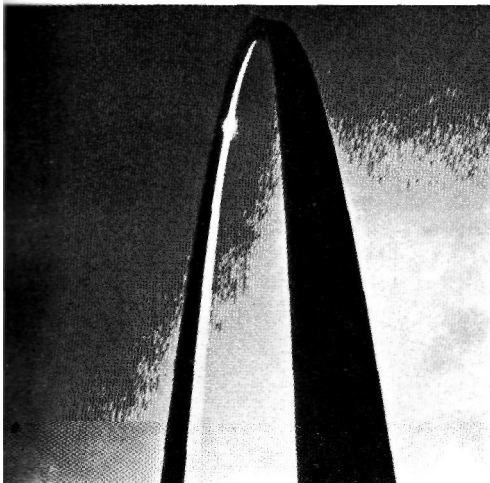
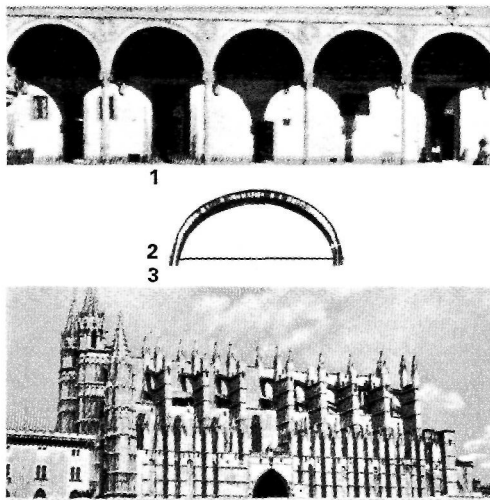
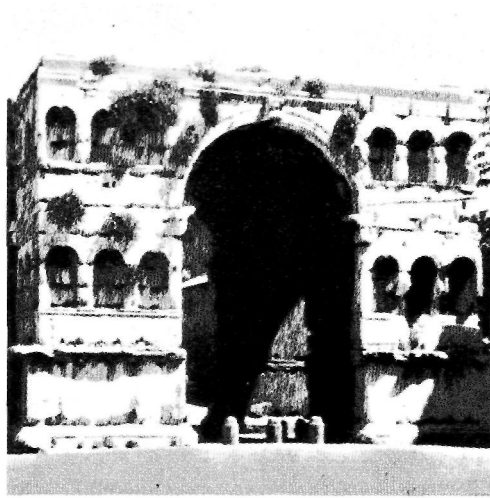
a	b	c
d	e	f
g	h	i

Definire una «matrice» (vano agibile) per racchiudere uno spazio significa individuare un procedimento che in base alla resistenza dei materiali garantisca la sicurezza statica. Ponendo in relazione l'agibilità dello «spazio costruito» con la sicurezza statica si fa riferimento ai princìpi costruttivi **complessi,** che correlano le capacità di resistenza intrinseche degli elementi costruttivi con la stabilità dell'insieme.

Determinare un «vano agibile» con una **trave** appoggiata su due **piedritti** dà luogo al **principio del trilite** (o **dell'architrave).** Dagli esempi primordiali in rudimentali blocchi di pietra (a, b) si passa con la combinazione spaziale di più triliti ad organismi come i templi egizi e greci (c, d). La limitata resistenza flessionale dell'architrave in pietra è superata con l'architrave «elastico», che consente maggiori luci a parità .di carico. In tal senso il legno (e), usato sin da tempi remoti, è stato l'unico materiale impiegabile sino al XIX sec, quando sono stati introdotti l'acciaio, prima, e il c.a., poi. Gli attuali procedimenti costruttivi utilizzano correntemente, sia nella realizzazione di organismi edilizi (g, h) che di opere infrastrutturali (i), il principio dell'architrave « elastico ».

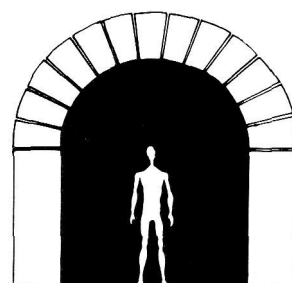
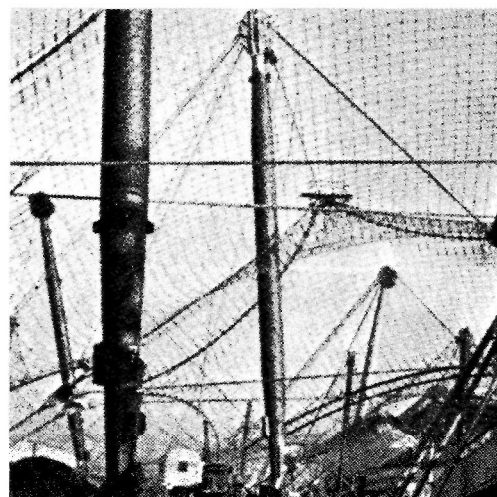
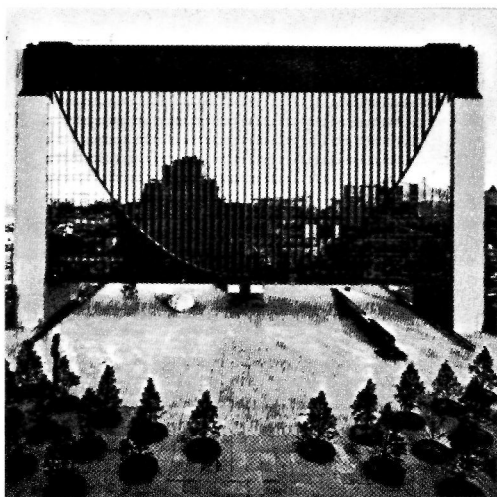
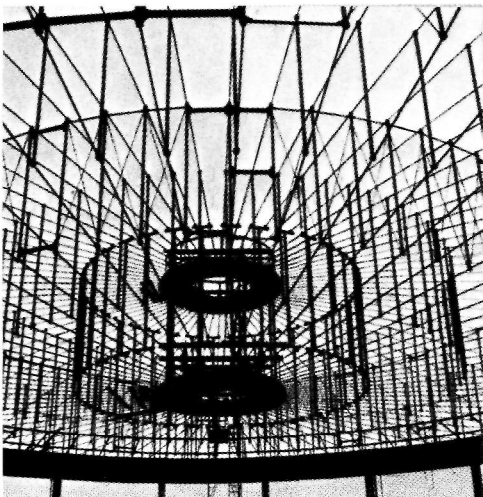
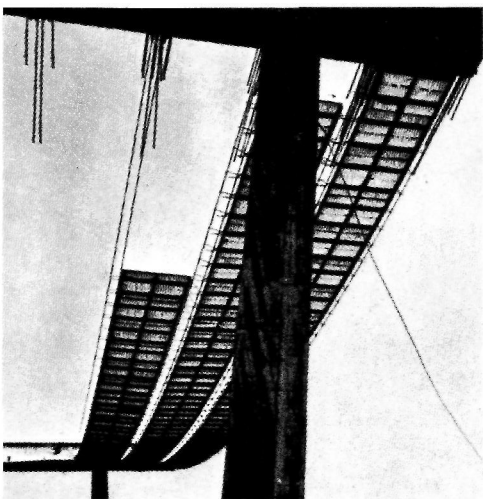
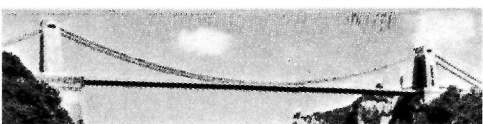
a. Dolmen in Danimarca; b, trilite isolato; c, tempio egizio a Tebe; d, tempio greco a Figalia; e, trilite ligneo di comunità primitive (Columbia brit.); f, architravi lignei in un palazzo rinascimentale; g, edificio in montagna con piedritti in muratura e travi in legno; h, edificio pubblico con piedritti in c.a. e travi appoggiate; i, viadotti con travi appoggiate in acciaio.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 78. — PRINCIPI COSTRUTTIVI COMPLESSI: IL TELAIO

Il principio del telaio si basa sul collegamento con vincoli di solidarietà degli elementi orizzontali, i **trasversi,** con gli elementi verticali, i **montanti (b);** in tal modo si delimita un «vano agibile» con elementi costruttivi tra loro collaboranti nei sopportare le sollecitazioni esterne, verticali e orizzontali.
Il «telaio» è riscontrabile in forma embrionale in costruzioni primitive (a) ed è l'elemento tipico, sin da tempi lontani, per la realizzazione di serramenti (c) e di oggetti di arredo (sedie, tavoli, ecc.).
L'organizzazione spaziale del telaio ha determinato in pratica lo «scheletro» portante prima in legno, poi in acciaio ed infine in c.a.
Si hanno così organismi monopiano generati da una successione longitudinale di telai o portali (d, e, f) e organismi pluripiano generati dalla ripetizione spaziale del telaio (g, h, i).

a, forma embrionale di telaio in comunità primitive; b, telaio in legno con nodi irrigiditi da «gattelli»; c, ante in vetro con telaio in legno d, e, f, telai monopiano in legno, in acciaio e in c.a.; g, h, i, telai pluripiano in legno, in acciaio, in c.a.

TAV, 79. — PRINCÌPI COSTRUTTIVI COMPLESSI: L'ARCO

a	b	c
d	e	f
g	h	i

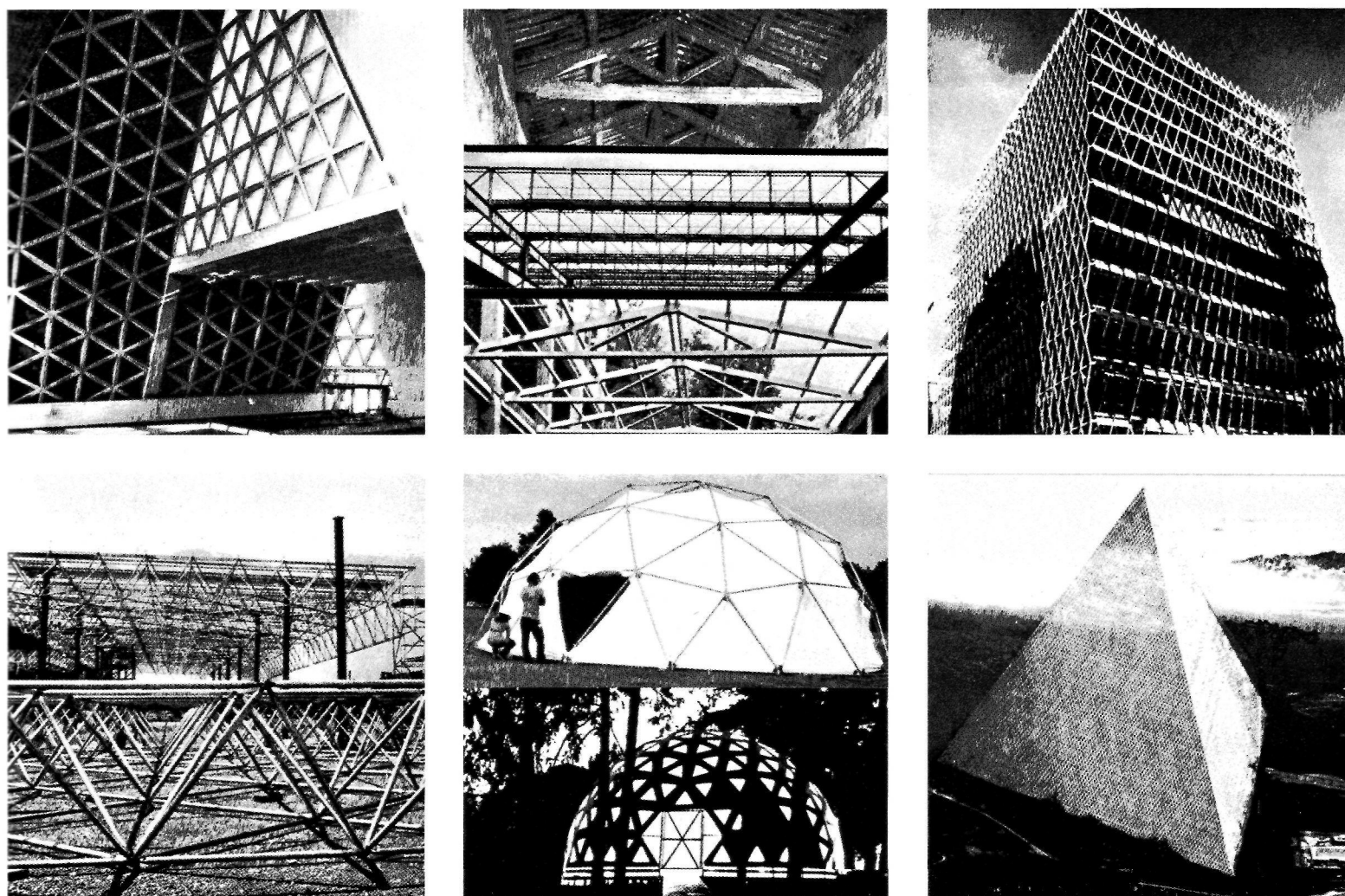
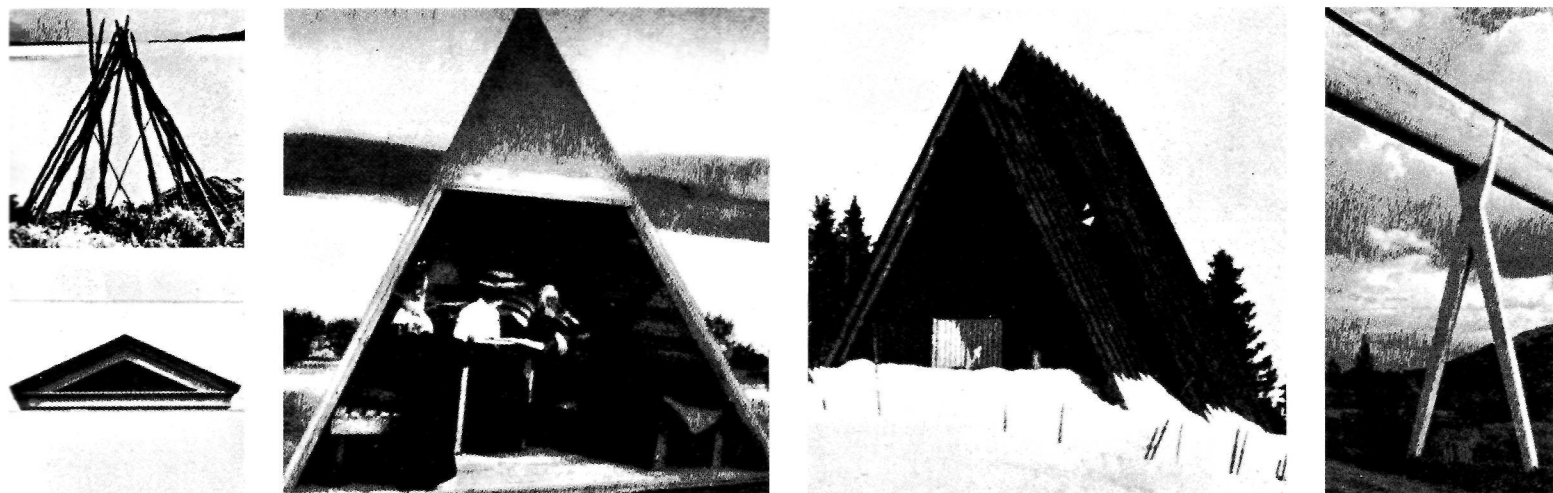
Con questo principio si ha un «vano agibile» formato da due elementi verticali, i **piedritti,** e dall'orizzontamento di forma geometrica tale da assoggettare il materiale a sola compressione, l'arco. Si è ovviato ai limiti propri dell'architrave in pietra con un elemento costruttivo, sempre lapideo, formato da più conci predisposti in modo da risultare «compressi» (conseguendo, tra l'altro, «luci» maggiori rispetto al trilite). Per contro l'arco esercita un'azione «spingente» sui piedritti; di conseguenza ai fini della stabilità dell'insieme si può operare: **contrapponendo** alla «spinta» il peso dei piedritti di adeguata forma **(contrafforti); compensando** la «spinta» con l'azione di archi adiacenti **(e1); eliminando** la «spinta» inserendo un elemento resistente a trazione, la **catena (e2).** Nell'ambito di un organismo questi modi possono coesistere (c, d, e3, f). Con questo principio si passa dalla semplice apertura di un vano agli elementi costruttivi e organismi la cui forma nasce dalla traslazione o rotazione dell'arco. Procedimenti basati sul principio dell'arco, con applicazione di conci in pietra o in laterizio e di getti di calcestruzzo ordinario, hanno caratterizzato l'edilizia dall'epoca romana al 1800. Viene adottato anche oggi in procedimenti che usando il c.a. e l'acciaio superano i problemi statici propri dell'arco murario (g, h, i).

a, archi del Colosseo; b, l'arco di Giano a Roma; e, la basilica di Massenzio; d, Kings College Chapel, Cambridge; e, portico degli Innocenti a Firenze; e2, arco a spinta eliminata; e3, cattedrale a Palma de Mallorca; f, S. Andrea a Mantova; g, arco monumentale a S. Louis (E. Saarinen); h, archi a spinta eliminata prefabbricati in c,a., volta a vela in c.a.; i, mercato a Pescia.

a c
b
d e
f g h

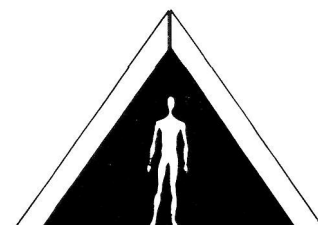
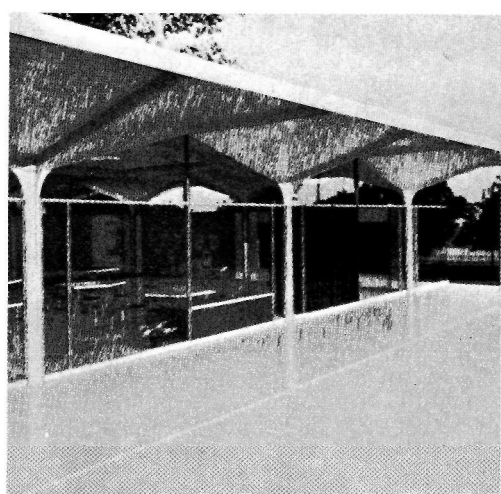
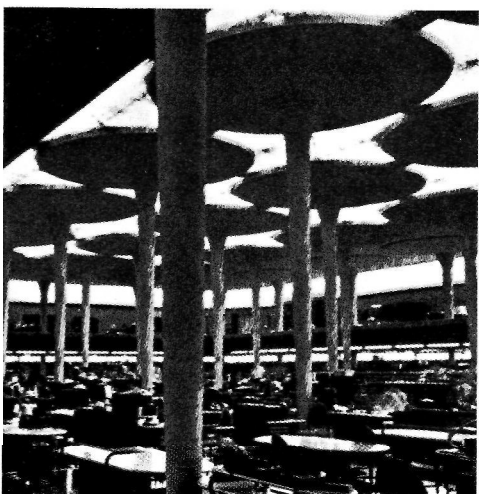
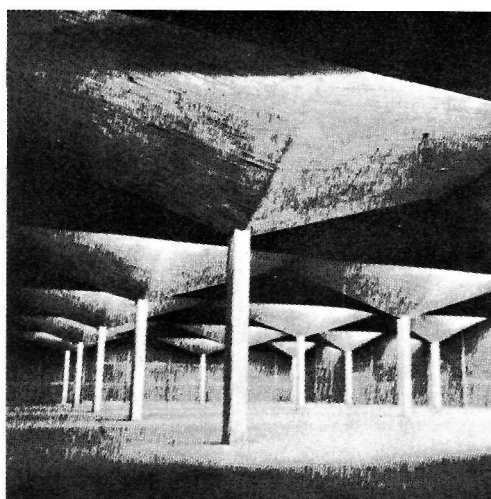
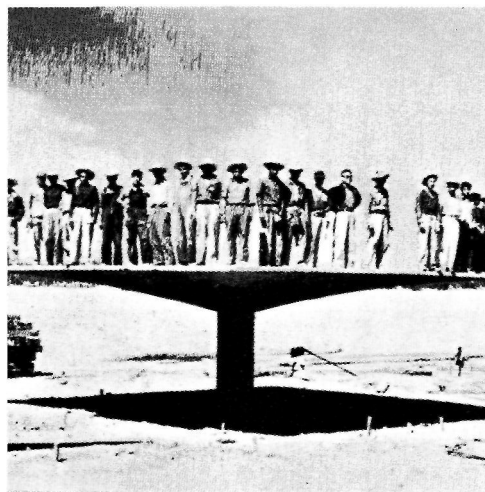
TAV. 80. — PRINCÌPI COSTRUTTIVI COMPLESSI: IL CAVO

Con il **principio del cavo** si copre un vano, anziché con un architrave o con un arco, con una fune o cavo capace di resistere solo a trazione e di assumere una configurazione di equilibrio sotto l'azione del proprio peso e di altri carichi verticali. L'immagine più immediata corrispondente a questo principio è una fune sospesa tra due alberi che consente il passaggio di uomini al disopra di un baratro (vedi Tav. 76 f); è evidente come la stabilità dell'insieme è affidata principalmente ai piedritti, che, a seconda dei casi, possono essere soggetti a ribaltamento oppure a sollecitazione di flessione; è altrettanto evidente che il cavo non è in grado di opporsi alla sollecitazione di flessione e ad azioni laterali, ragione per cui è necessario provvedere alla sua «stabilizzazione». Il principio del cavo è stato adottato sin da tempi remoti per realizzare ponti sospesi con funi vegetali ed ha sempre caratterizzato le costruzioni a tenda.

Nel secolo XIX con l'introduzione delle funi d'acciaio venne applicato per costruire ponti di grande luce; oggi è correntemente usato, oltre che per i ponti, per la realizzazione di grandi coperture e di interi organismi.

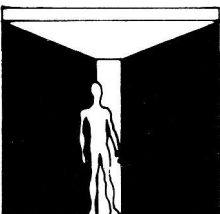
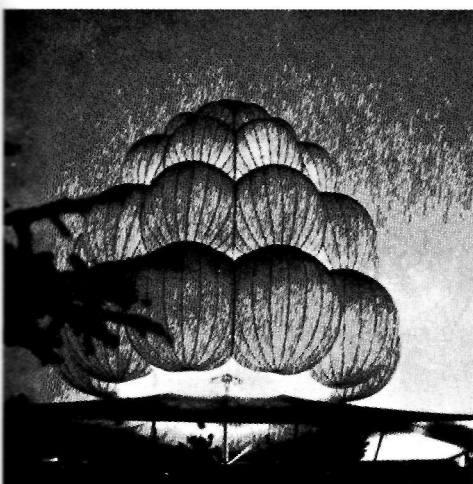
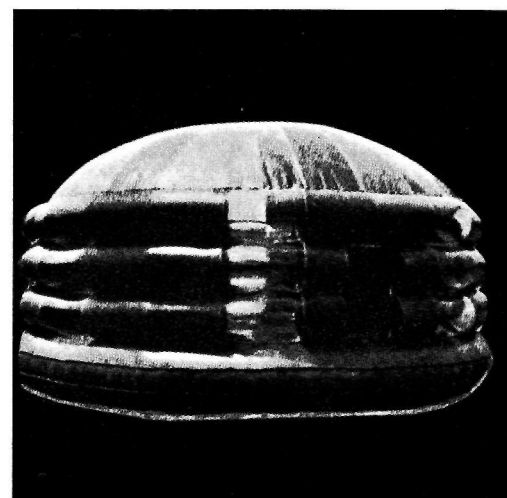
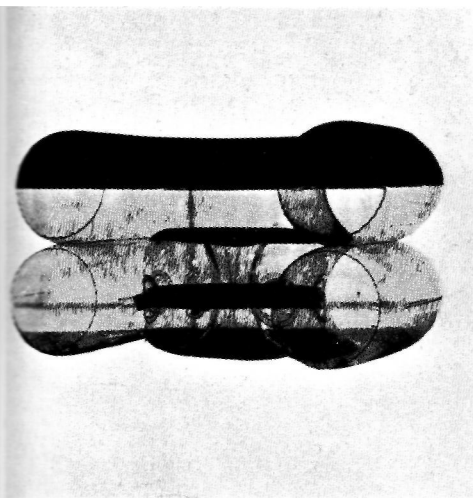
a, ponte sospeso in funi vegetali stabilizzato con cavi ancorati ad alberi (Guinea); b, Clifton-Bridge sull'Avon (1856); c, cartiere Burgo (P. L. Nervi); d, e, aerostazione a Washington (arch. E. Saarinen); f, copertura a ruota di bicicletta; g. Federai Reserve Bank, Minneapolis (arch. G. Birkerts); h, la «rete» di cavi durante la costruzione della copertura dello stadio di Monaco.

TAV. 81. — PRINCÌPI COSTRUTTIVI COMPLESSI: IL TRIANGOLO

Per ottenere un vano «agibile» è sufficiente utilizzare due soli elementi che, disposti a «mutuo contrasto», formano con la linea di terra una configurazione a triangolo. Il **principio del triangolo** ha caratterizzato sin da tempi remoti procedimenti elementari presso popolazioni primitive, in quanto con il semplice accostamento di elementi litoidi o lignei a giacitura inclinata è possibile realizzare ricoveri stabili e consentire un rapido smaltimento delle acque piovane (organismi a capanna). I due elementi sotto l'azione di un carico verticale agente sul vertice sono soggetti a sola compressione (azioni flessionali vengono indotte dal peso proprio e da altri carichi non applicati sul vertice); essi trasmettono sul piano d'appoggio sia azioni verticali che orizzontali. Queste ultime possono essere assorbite dal terreno o da un tirante applicato all'estremità dei due elementi in elevazione. Nel primo caso si ha una «spinta» sulla base di appoggio (pseudo-arco); nel secondo caso si ha il triangolo « indeformabile», cioè un elemento costruttivo costituito da tre aste vincolate a cerniera in modo da sollecitarle principalmente a trazione o a compressione. Traslando, ruotando e aggregando spazialmente il «triangolo», si possono conformare elementi costruttivi, edifici ed opere infrastrutturali.

a, ossatura di capanna primitiva, timpano in pietra; b, capanna-osservatorio di A. G. Bell; c, chiesa in Norvegia; d, cavalletto in c.a. (E. Torroja); e, organismo con pareti e orizzontamenti a maglia triangolare in c.a. (A, Guacci); f, capriata in legno, travi reticolari, capriate in c.a.; g, facciate portanti a maglia triangolare; h, chiusure orizzontali a traliccio spaziale; i, l, cupola geodetica smontabile, cupola in cartone e città «tetraedrica» del Fuller.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

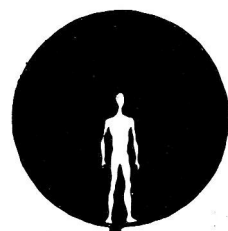
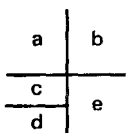
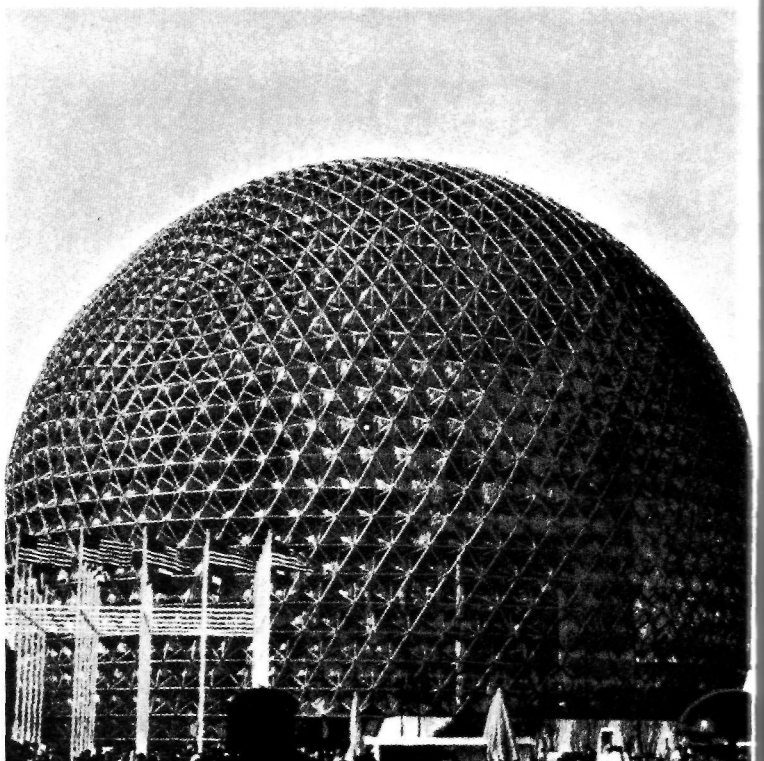
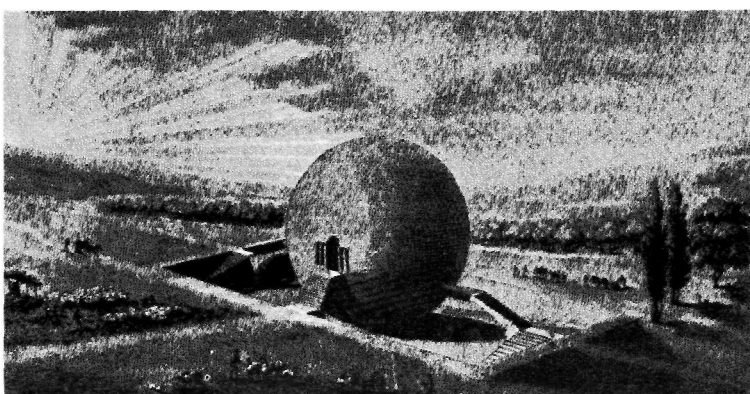
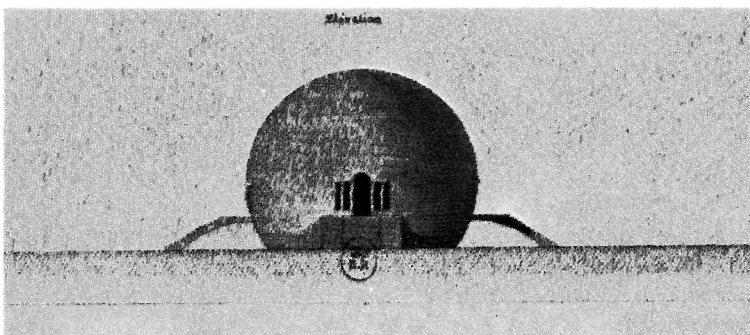
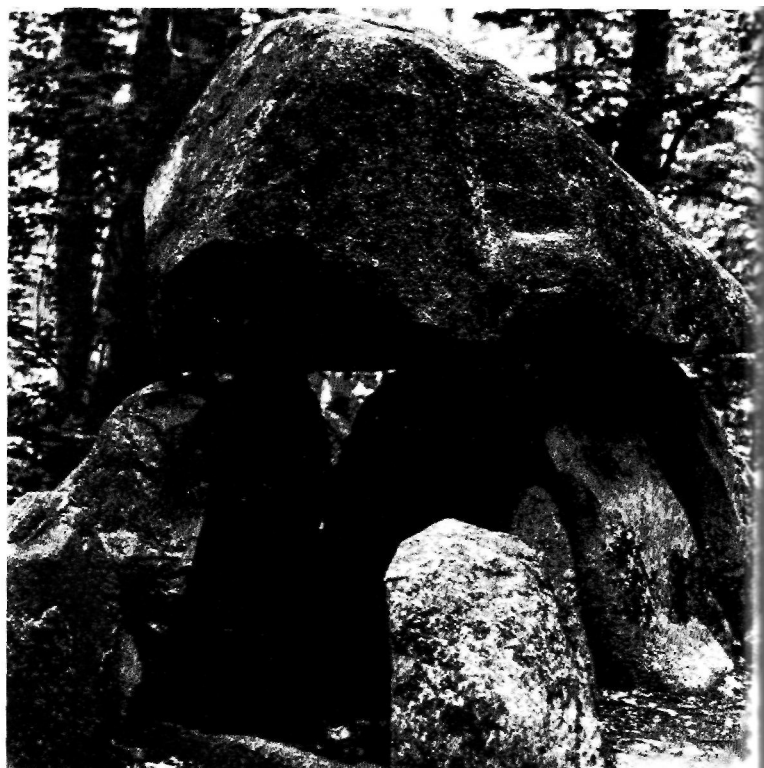
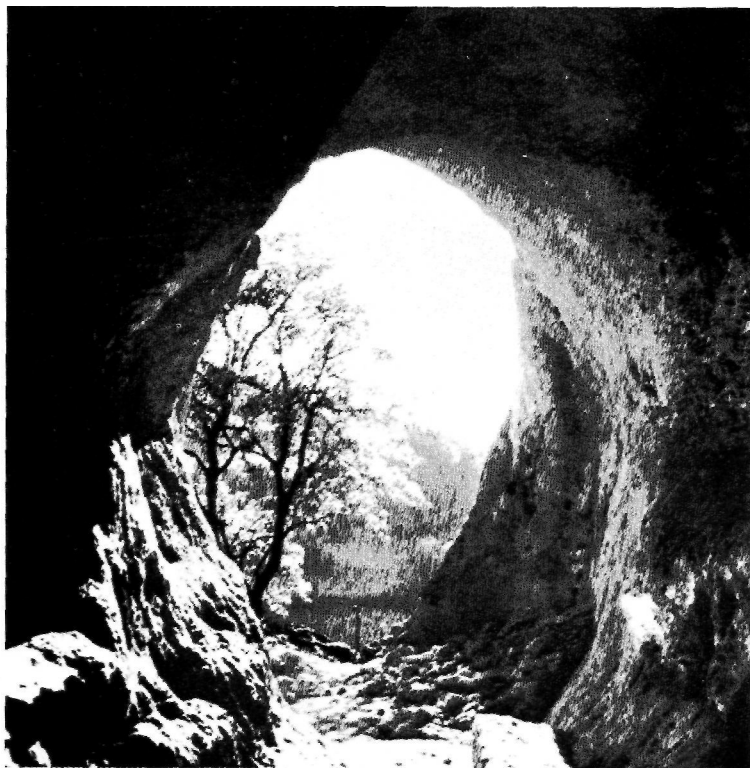
TAV. 82. — PRINCIPI COSTRUTTIVI COMPLESSI: L'ALBERO O FUNGO

Il principio dell'albero o fungo (suggerito proprio dalia loro conformazione) è basato su di un elemento verticale portante (il «fusto», o «tronco», il «gambo» o «tallo») ed un elemento di copertura aggettante (la «chioma», il «cappello»). Si può dire, senza ironia, che si è inventato l'ombrello, trasferendolo all'edilizia. Il ritto è reso in genere solidale con la copertura. Uno «spazio agibile» può essere determinato da un solo «fungo» incastrato al piede o da un insieme di «funghi», come ad esempio una soletta continua su pilastri isolati con «capitello» (lastra-fungo). Più «funghi» tra loro adiacenti possono essere incernierati alla base qualora i rispettivi «cappelli» siano tra loro vincolati a cerniera. Le costruzioni basate sul principio del «fungo» possono essere realizzate indifferentemente con i materiali di uso corrente nell'edilizia, fermo restando che il ritto sia capace di sopportare azioni flessionali.
Il «cappello», oltre che in legno, c.a. e acciaio, può essere in stoffa tesa a membrana, in materie plastiche rinforzate o costituito da un elemento «pneumatico» (vedi Tav. 83, d).

a, il fungo; b, prototipo in c.a. di F. Candela; c, «fungo» con «cappello» in tessuto di cotone e cavi (F. Otto); d, solaio a «fungo» in c.a. (A. Aalto); e, copertura a Vallejo (F. Candela); f, solaio a «fungo» con nervature secondo le «isostatiche» dei momenti (P. L. Nervi, A. Arcangeli); g, centro «Johnson» a Racine (F. L. Wright); h, copertura del palazzo del Lavoro a Torino, ritto in c.a. e «cappello» in nervature di acciaio a parete piena (P. L. Nervi, G. Covre); i, copertura a «fungo» con ritti in acciaio e «cappello» in materie plastiche.

TAV. 83. — PRINCÌPI COSTRUTTIVI COMPLESSI: IL PNEUMATICO

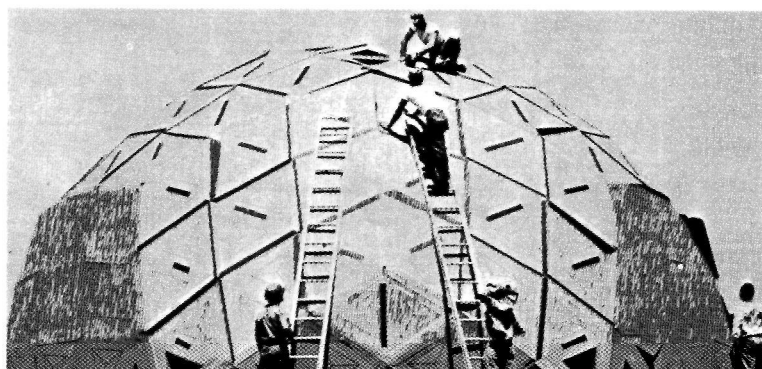
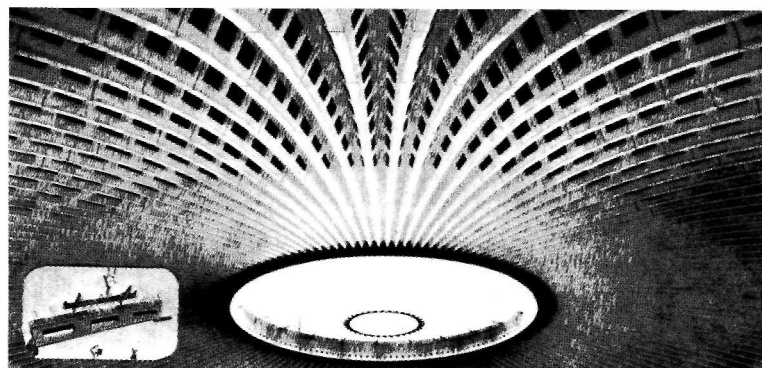
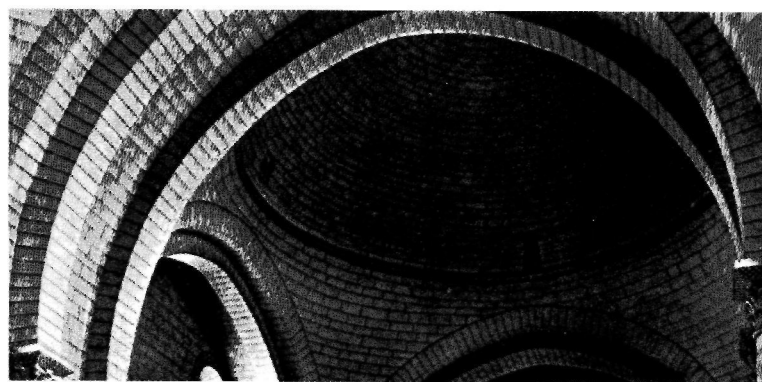
Già gli antichi romani usavano pelli di animali gonfiate con l'aria per l'attraversare corsi d'acqua; nel 1783 i fratelli Montgolfier realizzano un pallone di 11 m di diametro e J. B. Meresier in Francia disegna una «nave aerea» che precorre il «dirigibile»; una ferrovia «pneumatica» viene progettata nel 1844; l'industria automobilistica applica correntemente dopo la 1ª guerra mondiale ruote a camera d'aria gonfiabile, i «pneumatici». Procedimenti costruttivi che utilizzano l'aria in pressione per dare forma e capacità portanti a elementi costruttivi e a interi organismi edilizi sono stati introdotti dopo la 2ª guerra mondiale. Con il principio del «pneumatico» si realizzano oggetti mediante involucri, resistenti a trazione e dotati di tenuta, da assoggettare alla pressione di aria insufflata che garantisce la dovuta rigidità all'oggetto stesso. Prime applicazioni nell'edilizia sono stati i ricoveri e i ponti militari e nell'arredo le poltrone gonfiabili. Un modo di porre in atto il principio del « pneumatico » è creare elementi costruttivi funzionali gonfiabili che, in base ai princìpi precedentemente illustrati, possano determinare uno spazio agibile; un secondo modo è creare «cupole gonfiabili» praticabili all'uomo. In questo secondo caso il principio del pneumatico esaurisce da solo i problemi di agibilità e di sicurezza statica.

a, poltrona gonfiabile; b, ponte «pneumatico» dell'U.S. Army; c, tenda «pneumatica»; d, pensilina a «fungo» con elementi pneumatici di copertura; e, organismo «pneumatico»; f, copertura realizzata per «addizione» di più elementi «gonfiati»; g, edifìcio « gonfiabile».

a | b
c | e
d |

TAV. 84. — PRINCIPI GE0METRIC0-C0STRUTT1VI: L'INVOLUCRO GLOBALE

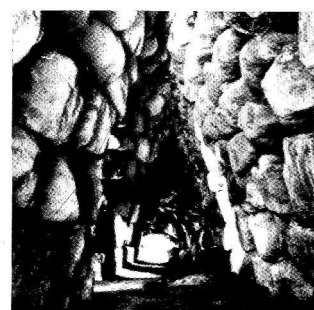
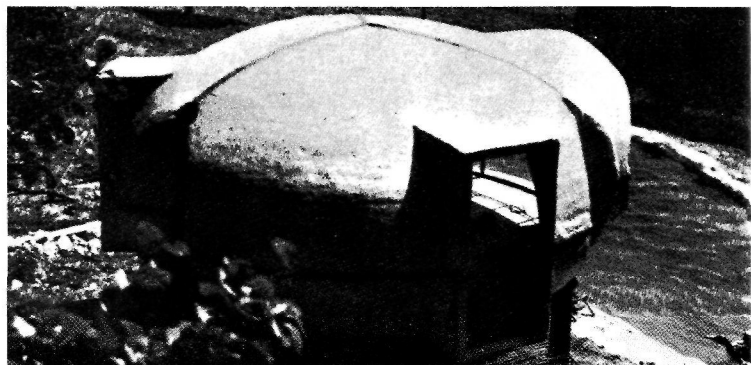
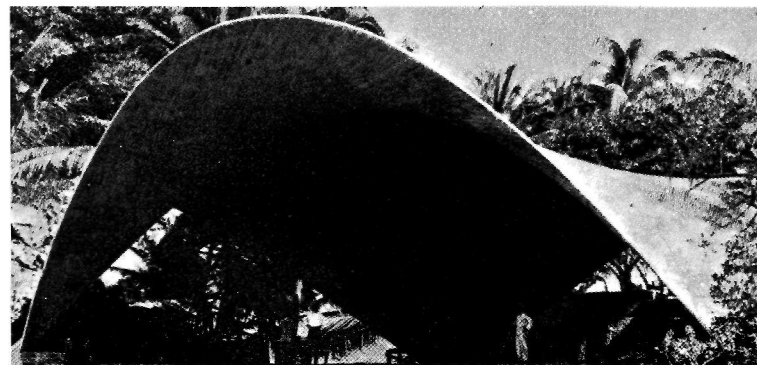
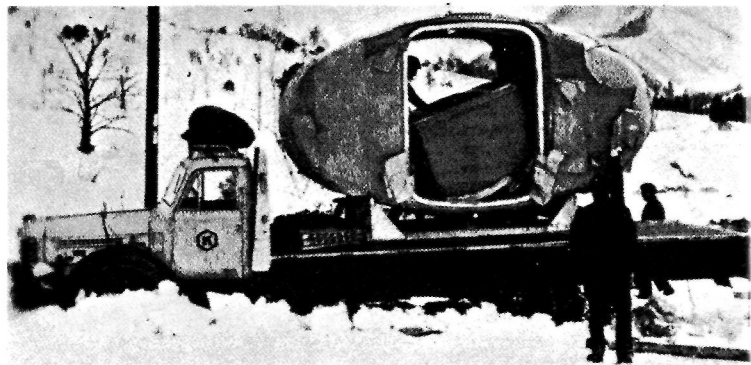
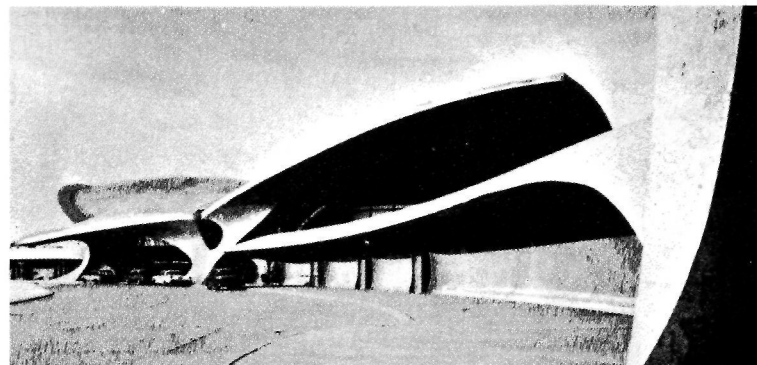
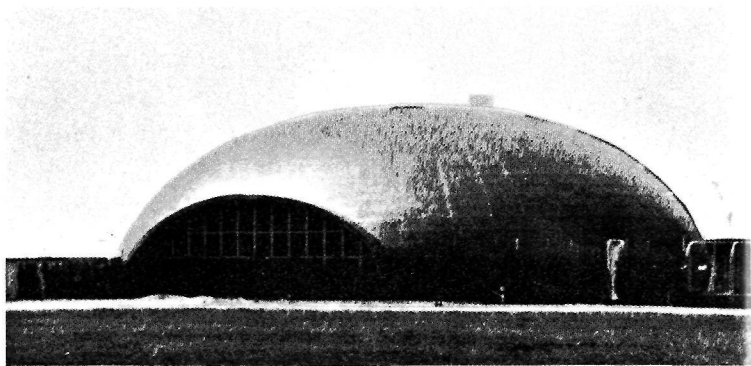
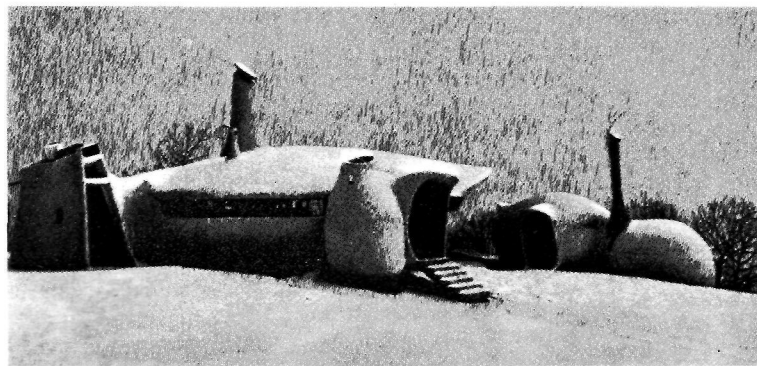
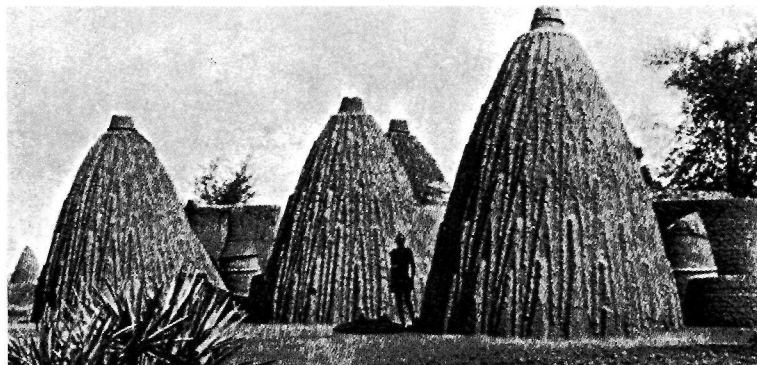
Con i princìpi costruttivi « elementari » si pongono in rapporto, al fine di ottenere una forma, la capacità di resistenza del materiale con il procedimento costruttivo; con i princìpi costruttivi «complessi» si pone in relazione il procedimento costruttivo con la possibilità di individuare una «matrice» (vano agibile) con attributi di stabilità per realizzare uno «spazio costruito»; con i **princìpi geometrico-costruttivi** si vuole porre in rapporto la forma dell'oggetto ipotizzato, nei suoi attributi spaziali, con il procedimento costruttivo che ne rende possibile l'attuazione.

Accettando una schematizzazione al fine di meglio esemplificare e semplificare un metodo di analisi sotto il profilo costruttivo, si possono individuare i princìpi geometrico-costruttivi dell'involucro «globale» e dell'involucro «scatolare». Il **principio dell'involucro globale** può essere « letto » in tutti quegli organismi in cui la forma tende ad un « continuum », cioè le parti costituenti sono integrate tra loro senza determinare soluzione di continuità nella forma (ad es. configurazioni sferiche, ellissoidiche, ecc.) o qualora la determinino (ad es. conformazioni ottenute con elementi piani) non si ravvisi comunque una differenziazione tra chiusura verticale e copertura (ad es.. organismi piramidali, conici, ecc.).

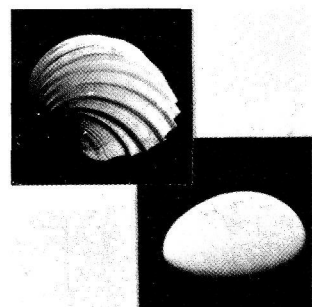
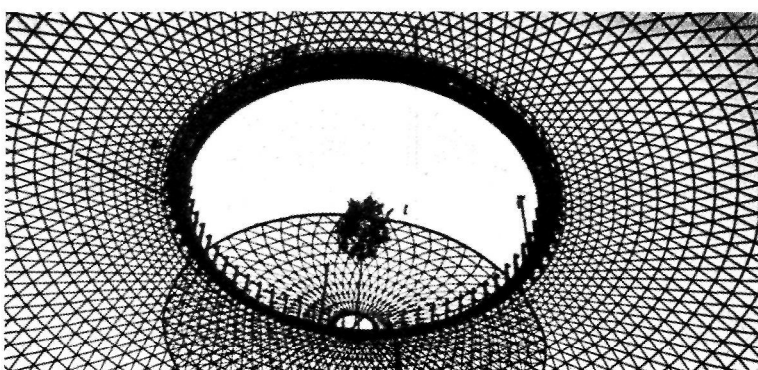
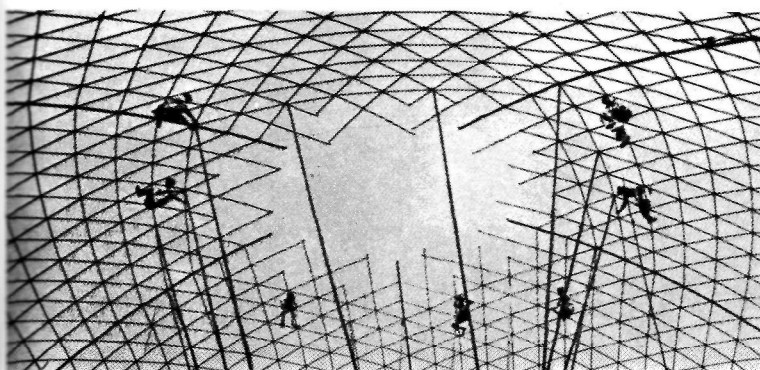
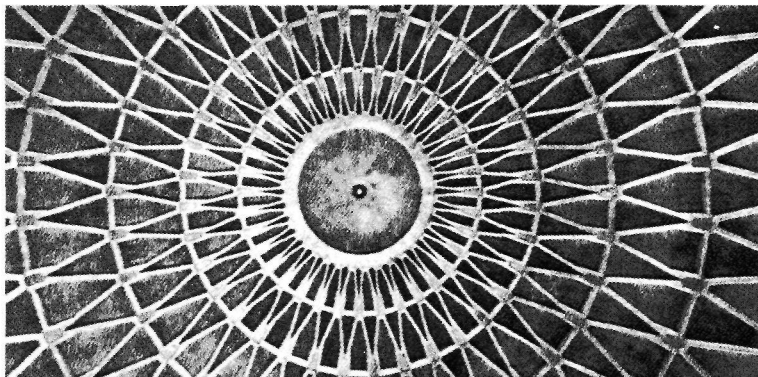
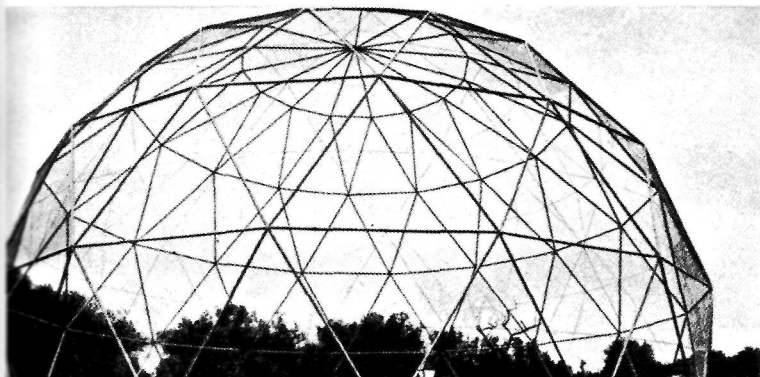
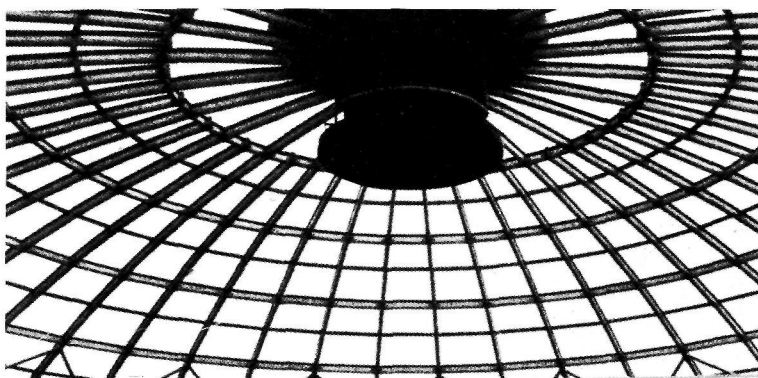
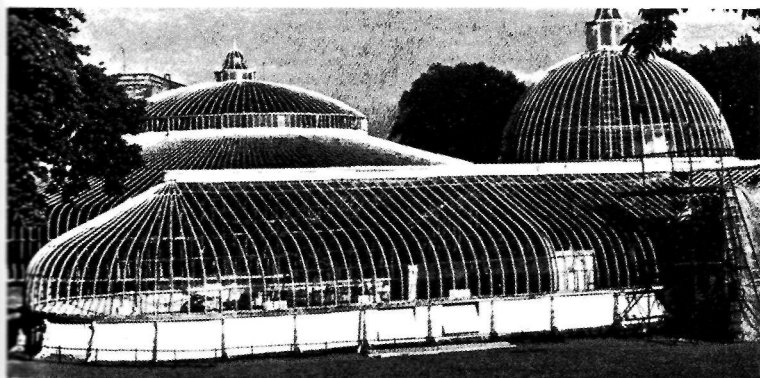
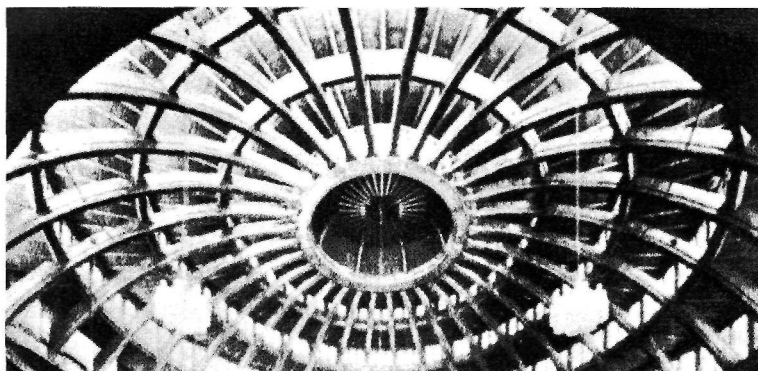
La caverna (a), abitazione della preistoria, può essere assunta come riferimento emblematico di quella globalità che si evidenzia, ad esempio, in alcuni «dolmen» primordiali (b), nelle forme ipotizzate da Ledoux (c, d) e nelle geodetiche del Füller (e).

TAV. 85. — L'INVOLUCRO GLOBALE: PROCEDIMENTO A CONCI

Con il procedimento a conci l'involucro è costruito mediante «addizione» di elementi tridimensionali preformati.
Il procedimento è tipico delle costruzioni a pseudo-volta o a volta realizzate in conci di pietra o laterizi. Peraltro lo stesso procedimento è riscontrabile in costruzioni primitive come gli igloo, in conci di neve pressata e in recenti realizzazioni in cui l'involucro è ottenuto con elementi prefabbricati fuori opera da sovrapporre e giustapporre in opera, come ad esempio elementi prefabbricati in c. a. o in « cartone », ecc.; al limite si possono utilizzare «conci gonfiabili» (vedi Tav. 83, f).

a b c d e f g

a, igloo; b, le pseudovolte dei trulli; c, copertura a conci laterizi del periodo romanico; d, la cupola muraria di S. Pietro; e, il palazzo dello sport a Roma (in basso a sinistra elemento prefabbricato in c.a.); f, cupola in «conci di cartone» del Füller; g, falsa volta in conci ciclopici a S. Antine, Sassari (VIII-VI a. C).

a	b
c	d
e	f
g	h

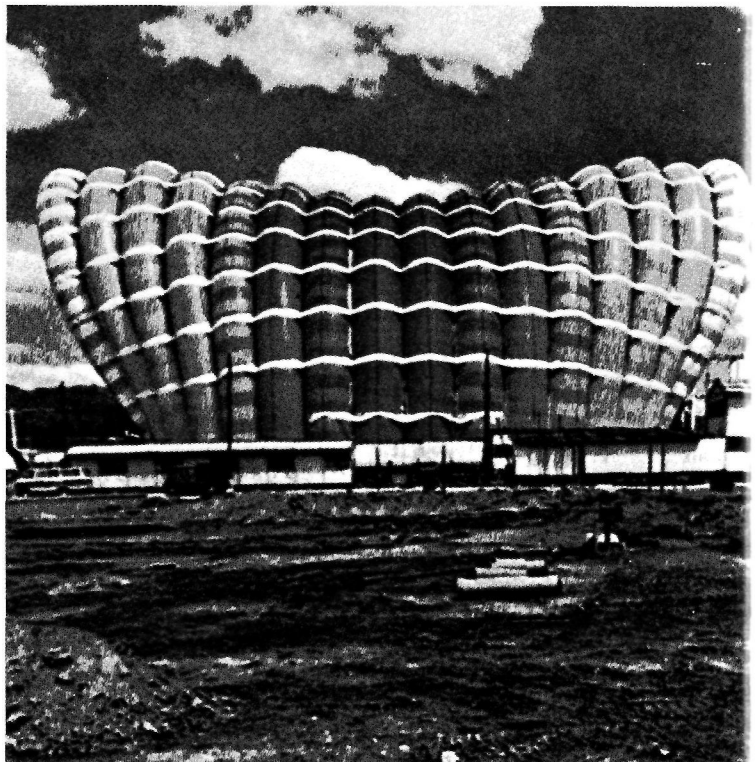
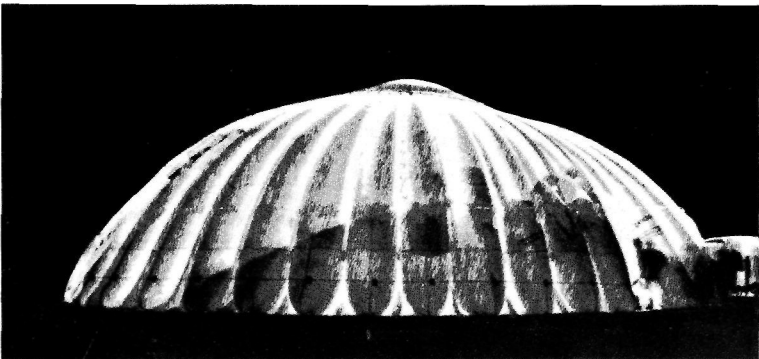
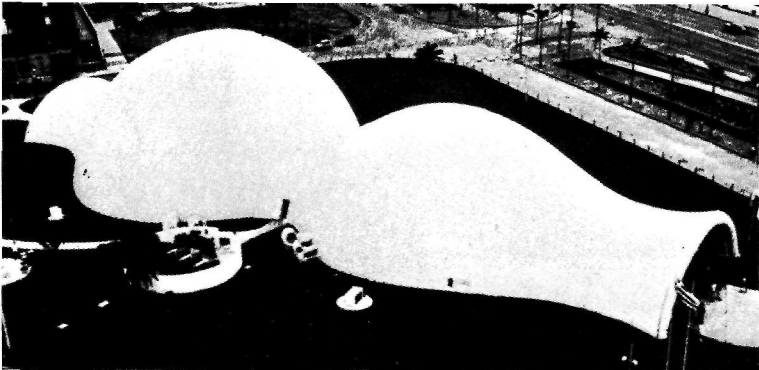
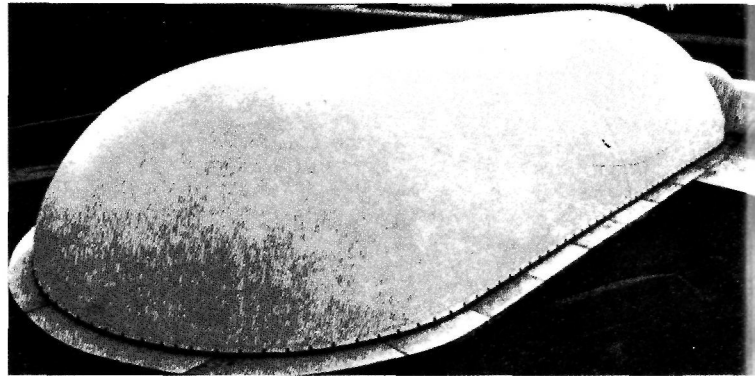
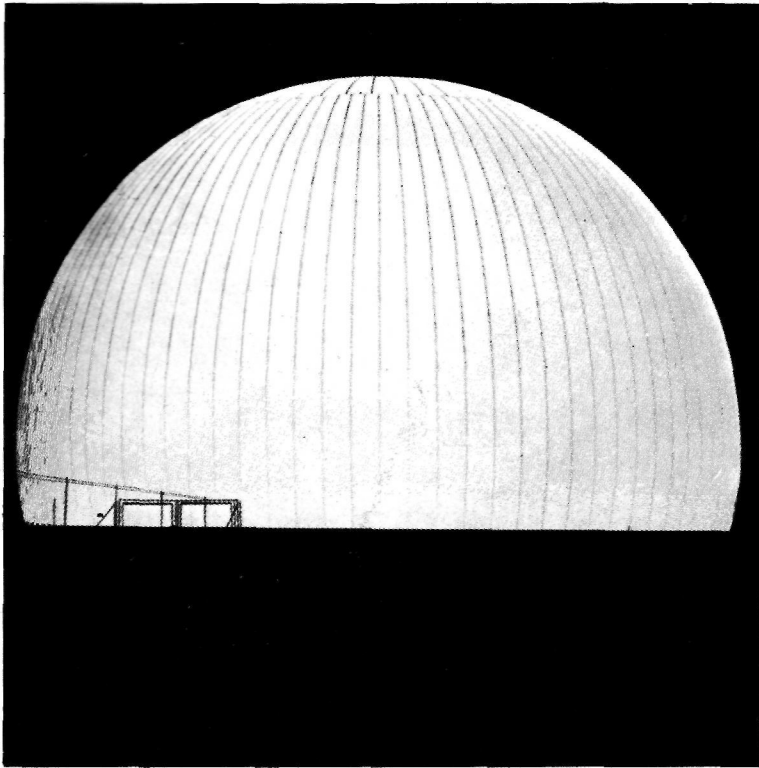
TAV. 86. — L'INVOLUCRO GLOBALE: PROCEDIMENTO A GUSCIO

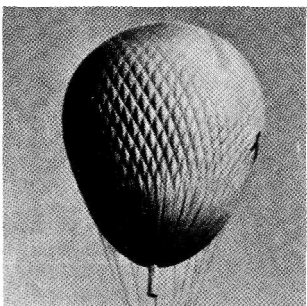
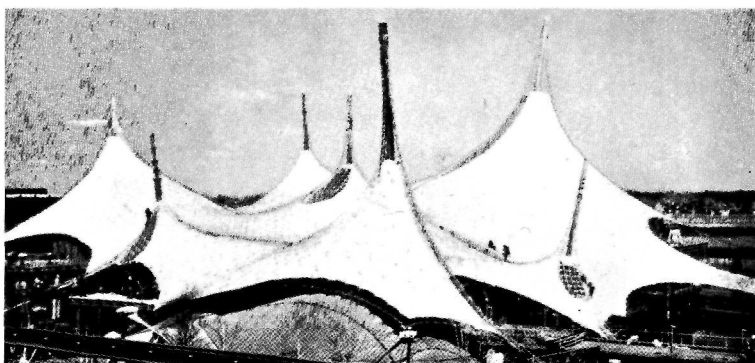
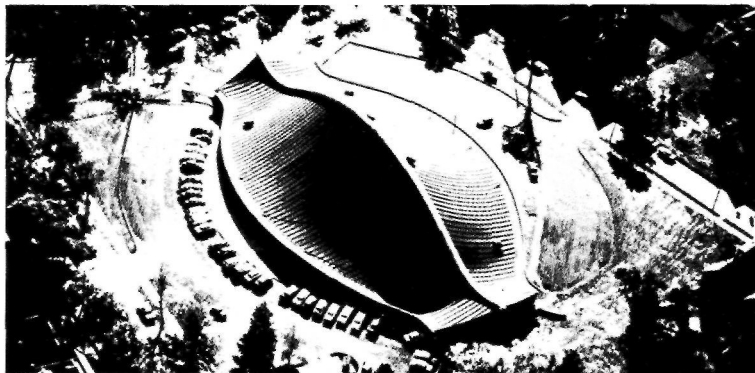
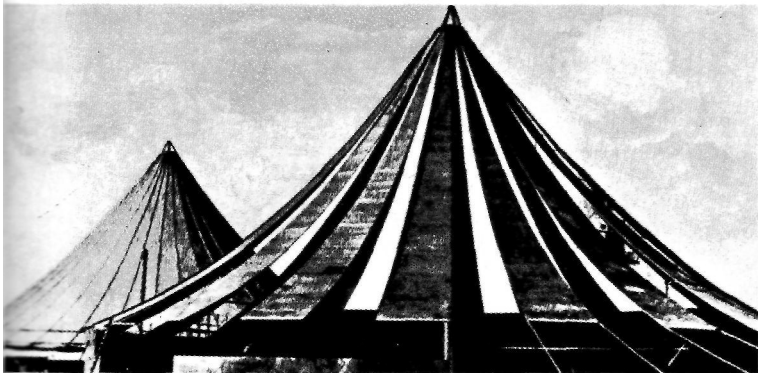
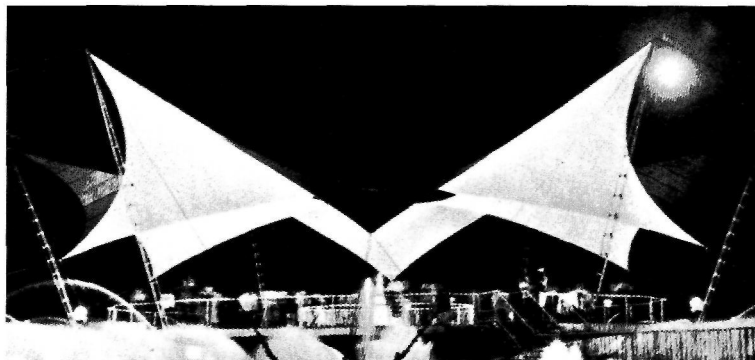
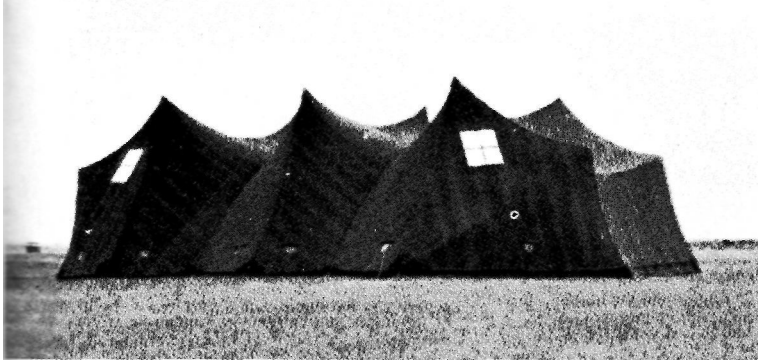
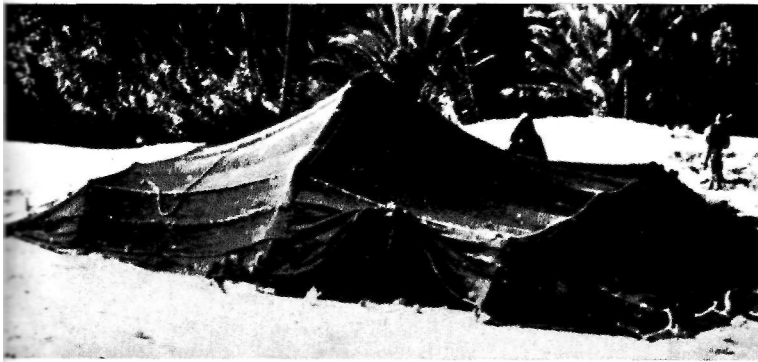
Con **il procedimento a guscio** l'involucro è realizzato per «formatura» di materiali base.
Nelle popolazioni primitive si ha la « modellatura diretta » di impasti di argilla e acqua con o senza l'apporto di fibre vegetali; in epoca romana vengono realizzate coperture in getto di calcestruzzo pozzolanico su di un supporto di elementi laterizi. Attualmente è il procedimento tipico delle volte sottili in c. a. resistenti per forma ed anche delle costruzioni a «valve» di cellule spaziali in plastica.

a. villaggio africano; b, volta a concrezione di epoca romana; c, ristorante a «gusci» in c.a., in Savoia (Francia); d, cupola Bini-Shell in c.a.; e, aerostazione a New York di E. Saarinen; f, trasporto di una cellula spaziale in plastica; g, volta sottile in c.a. ad Acapulco di F. Candela; h, prototipo di cellula spaziale in poliestere rinforzato di P. Haussermann.

TAV. 87. — L'INVOLUCRO GLOBALE: PROCEDIMENTO A CESTO

Con il **procedimento a cesto** l'involucro viene realizzato mediante un'orditura di elementi lineari, che costituiscono il supporto del manto di «chiusura». Il procedimento trae la sua denominazione dalla tecnica dell'intreccio di giunchi, vimini, rami flessibili, ecc. in uso presso le popolazioni primitive per realizzare abitazioni (a).

Predisporre una trama spaziale di elementi lineari per creare un involucro continuo utilizzando il ferro e il vetro (tamponature) risale ai primi dell'800 nella costruzione di serre (b). In seguito con l'applicazione del c.a. e dell'acciaio si è adottata sia un'orditura a meridiani e paralleli (c, d) sia un'orditura a maglie triangolari, che richiama più da vicino la lavorazione a «cesto» (e, f, g, h). Nel primo caso si applica il principio costruttivo dell'arco in cui i paralleli sono gli anelli di congiunzione tra i diversi elementi ad arco, nel secondo si sfrutta il principio del triangolo indeformabile conseguendo una resistenza per forma; di particolare interesse sono in quest'ultimo caso le «geodetiche» del Füller (vedi Tav. 84, e).

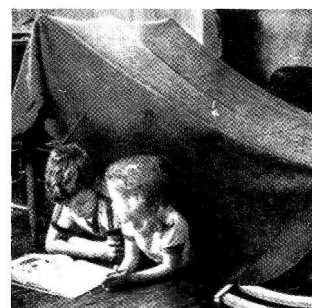
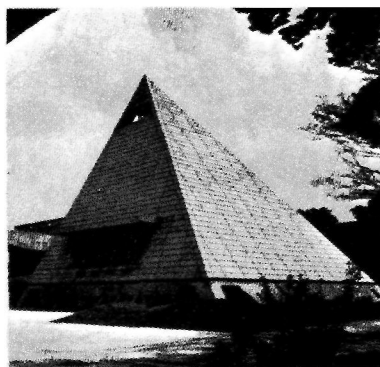
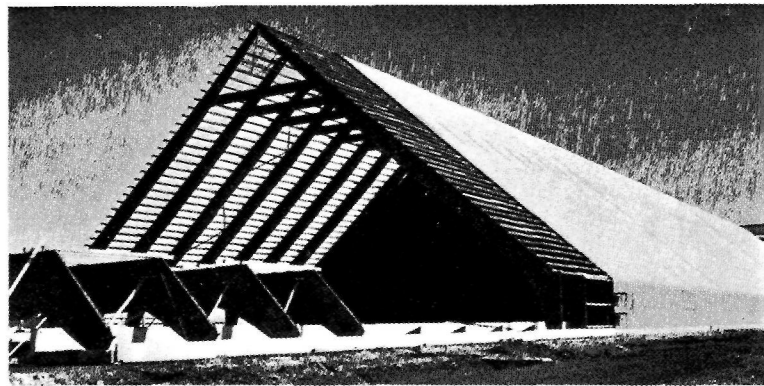
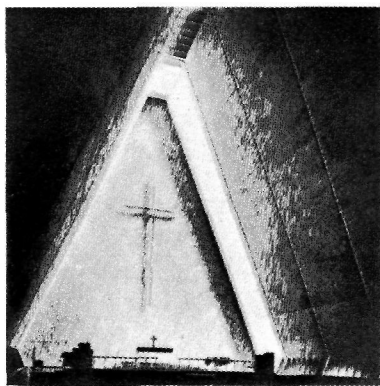
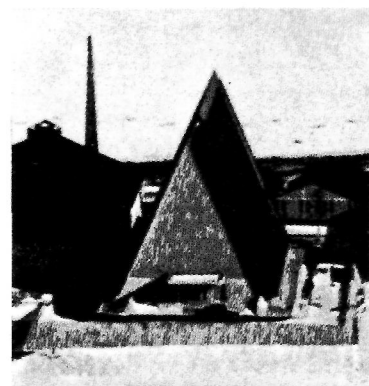
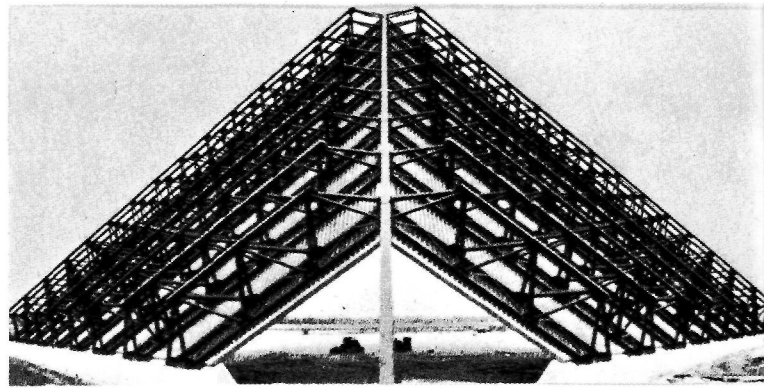
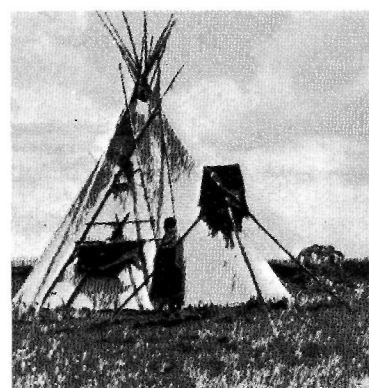
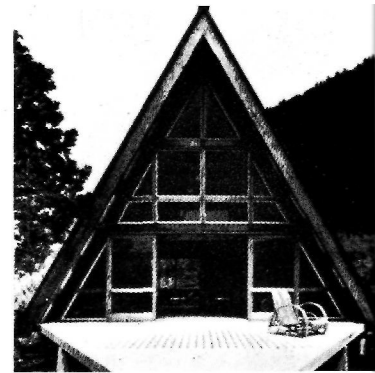
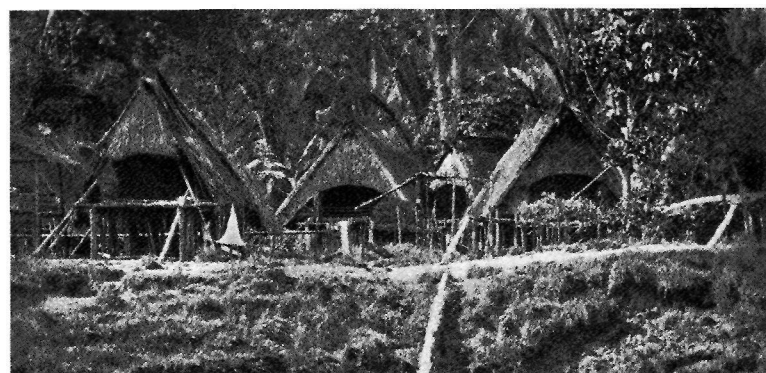
a, capanna Tidamo; b, Kibble Palace a Glasgow, 1860-1873 di J. Kibble; c, Jahrhunderthalle a Breslavia di M. Berg (1913); d, cupola in profilati di alluminio a Swindon; e, uccelliera dello zoo di Roma (Füller); f, cupola del laboratorio del CNEN (C. Cestelli-Guidi, A. Giuffré); g, montaggio di una cupola Callcloth, Sarabhai; h, cupola a Brno (F. Lederer); i, costruzione a intreccio di nomadi greci.

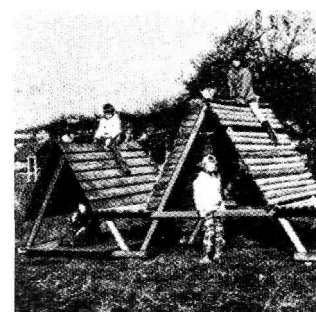
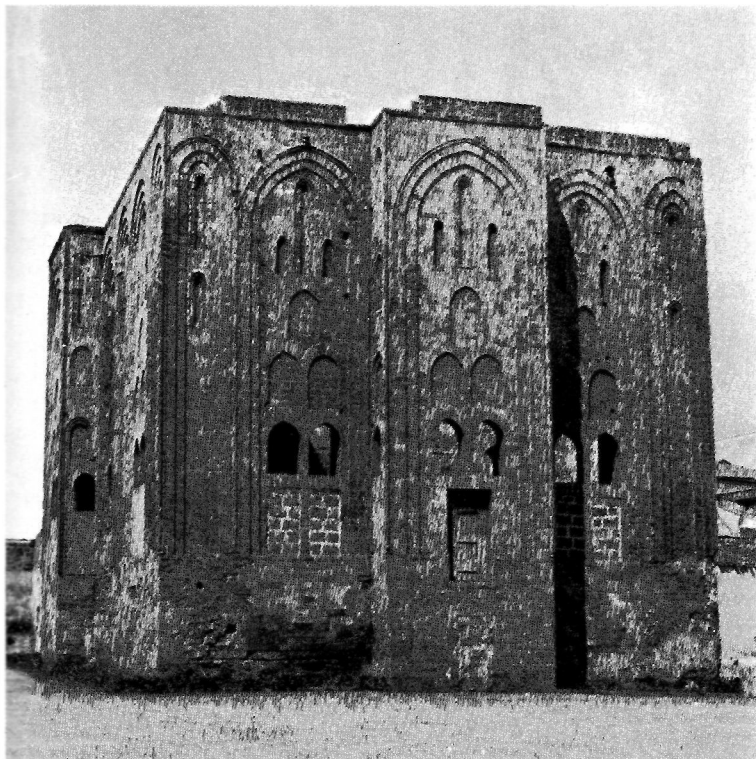
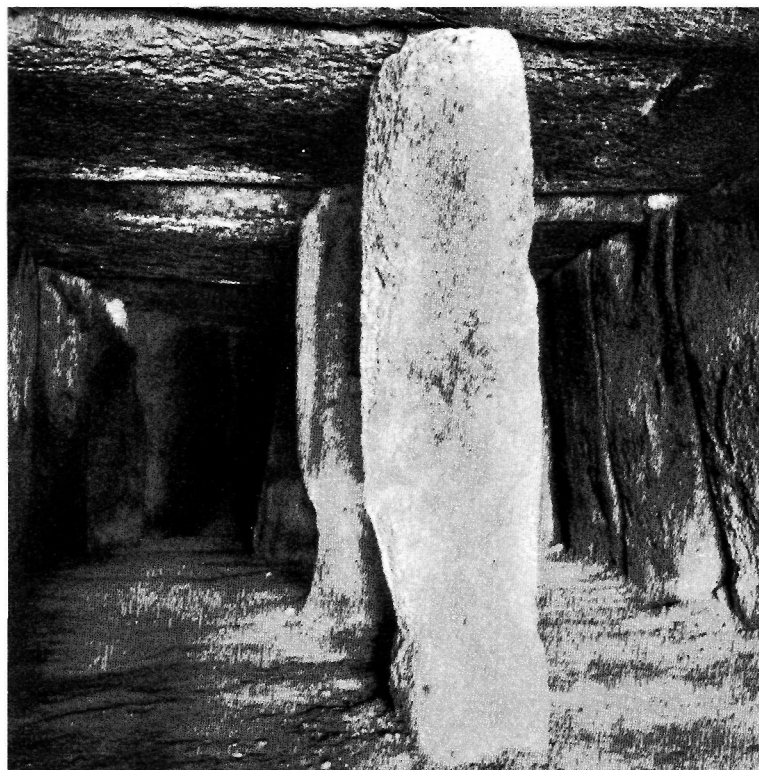
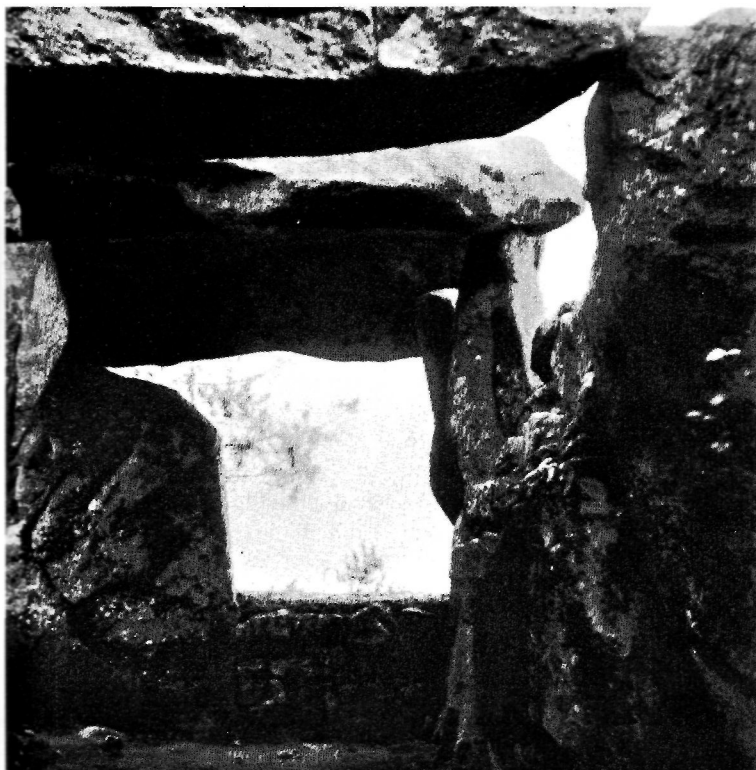
a	b
	c
d	f
e	

TAV. 88. — L'INVOLUCRO GLOBALE: PROCEDIMENTO A PALLONE

Questo procedimento si basa sul principio del «pneumatico» (vedi Tav. 83) di recente applicazione nell'edilizia; è detto **a pallone** in quanto è mutuato dalle tecniche usate per gli aeròstati (g). Nell'involucro, realizzato in genere con teli in materia plastica, viene insufflata aria in sovrappressione, determinando così la stabilità dell'insieme e sollecitando il materiale a trazione. Con questi procedimenti si possono realizzare: organismi «gonfiabili », cioè l'utente vive nello spazio pressurizzato (a, b, c), ovvero organismi a «camere d'aria», cioè conformati con elementi costruttivi funzionali pneumatici, in questo caso l'utente agisce in ambiente normale, non pressurizzato (d, e, f).

a, cupola gonfiabile; b, complesso per il tempo lìbero a cellule gonfiabili; c, copertura gonfiabile per tennis, piscine, depositi, ecc.; d, padiglione per la mostra «Atoms for Peace» (W. Lundy, W. W. Bird); e, cupola pneumatica; f, padiglione all'EXPO 70 di Osaka.

TAV. 89. — L'INVOLUCRO GLOBALE: PROCEDIMENTO A TENDA

a	b
c	d
e	f
g	h

Le abitazioni smontabili delle popolazioni nomadi basate su un involucro realizzato con stuoie o teli sorretti da un ordito di funi ancorate a dei sostegni verticali in legno costituiscono l'origine del **procedimento a tenda.** Questo procedimento costruttivo è correntemente applicato nel classico «tendone» da circo. La «tenda» si basa sul principio costruttivo del «cavo» che può essere utilizzato secondo due diverse modalità: l'involucro è formato da un'orditura di cavi tesi sorreggente un «manto» (e, f, g, h), che può anche compartecipare con il suo peso alla stabilizzazione dei cavi; l'involucro è realizzato con un manto funzionante come una membrana tesa dall'insieme dei sostegni verticali e dei tiranti di ancoraggio al suolo, assumendo in tal modo forme spazio-globali a doppia curvatura.

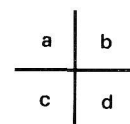
a, tenda eritrea; b, «music tent», Aspen Colorado (E. Saarinen); e, hangar per piccoli aeroplani (F. Otto); d, copertura a tenda di una pista da ballo a Colonia (F. Otto); e, silos per la paglia; f, stadio per hokey all'università di Yale a New Haven (E. Saarinen); g, Interbau Café a Berlino (F. Otto); h, copertura dello stadio olimpico di Monaco (F. Otto).

TAV. 90. — L'INVOLUCRO GLOBALE: PROCEDIMENTO A CAPANNA

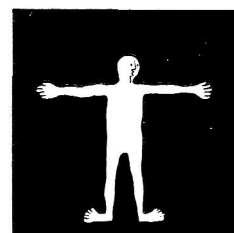
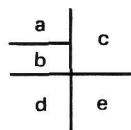
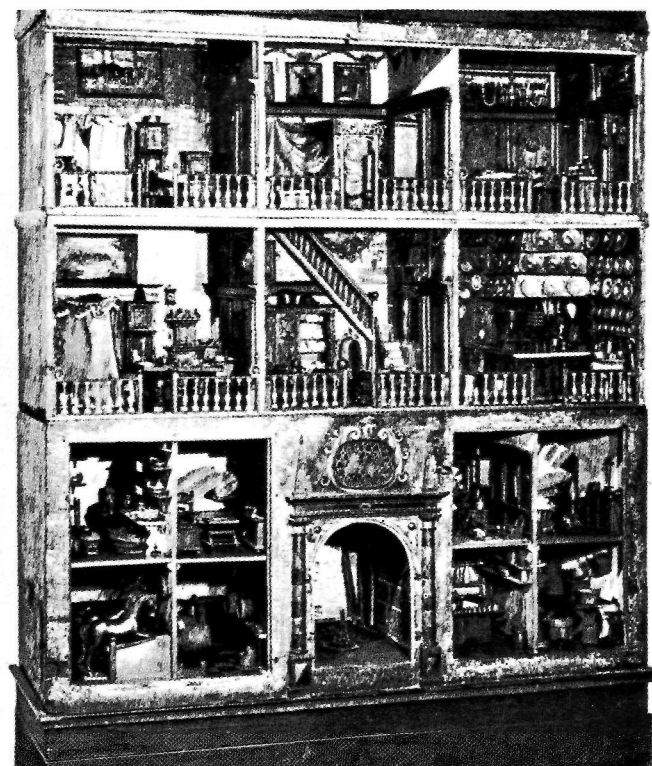
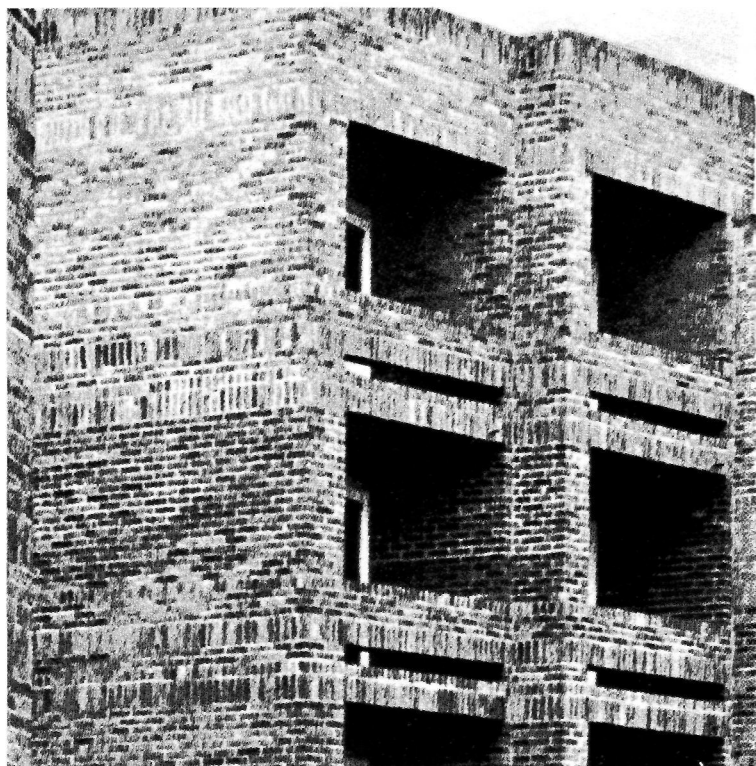
La capanna primitiva nasce dalla contrapposizione di due elementi portanti a giacitura inclinata che definiscono 10 spazio costruito secondo il principio del «triangolo» (vedi Tav. 81).
11 procedimento a capanna si può basare sulla semplice traslazione monodirezionale (a, c, d, e, f, g, h, i), sulla rotazione (b), sulla traslazione pluridirezionale del «triangolo». In questo ultimo caso si hanno forme piramidali o a padiglione, a pianta triangolare; quadrata, ecc. (l, m, n).
La «capanna» può essere realizzata con elementi piani autoportanti oppure con un ordito di supporto degli elementi di tamponatura.

a, villaggio delle isole Mentawei; b, tenda Apache; c, capanna primitiva; d, stalla per bovini in Svezia; e, chalet di montagna a Hakona; f, hangar; g, h. Concordia Senior College-Fort Wayne Indiana (E. Saarinen); i, organismo in elementi «laminati» di legno; l, sinagoga (F. L. Wright); m, Auditorium dell'università Gakushuin, Tokio (K. Mayekawa); n, St. Paul's, Crewe.

TAV. 91. — PRINCÌPI GEOMETRICO-COSTRUTTIVI: L'INVOLUCRO SCATOLARE

Sempre in base alla schematizzazione enunciata a Tav. 84, definire uno «spazio costruito» mediante elementi verticali di chiusura perimetrale ed elementi piani di chiusura orizzontale significa determinare una forma prismatica, **l'involucro scatolare.**

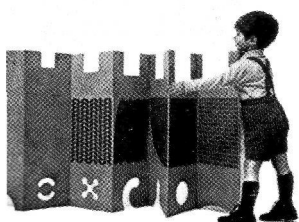
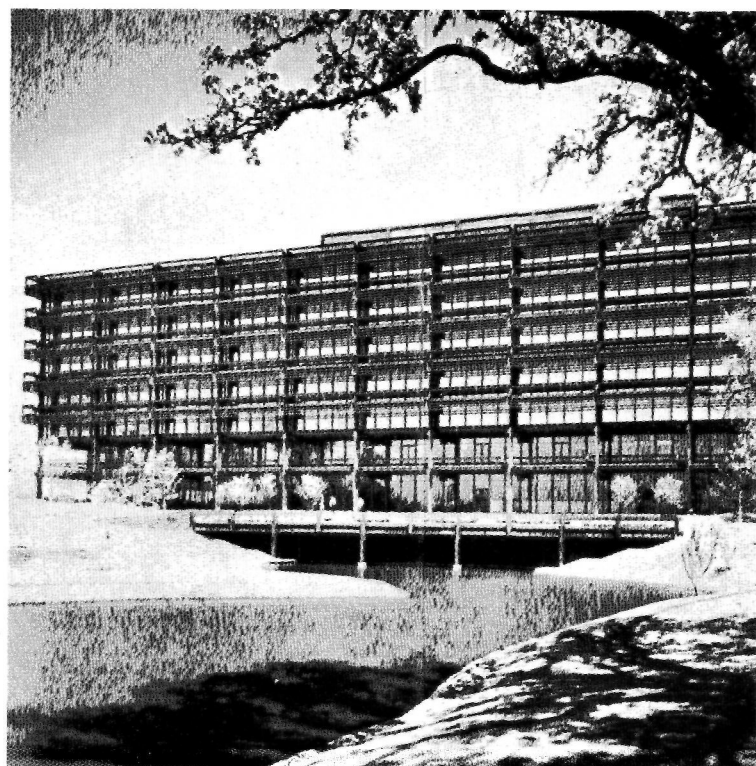
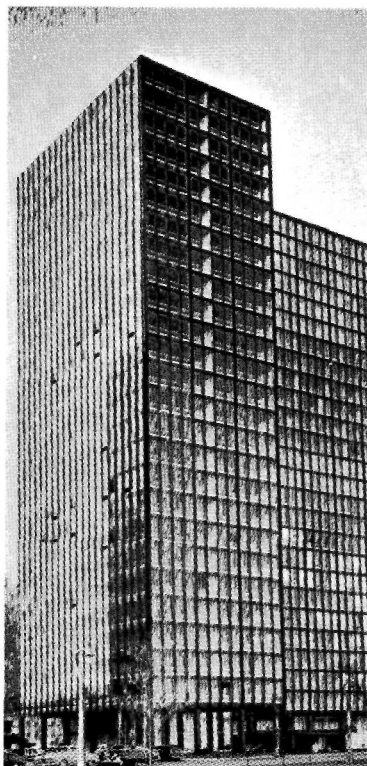
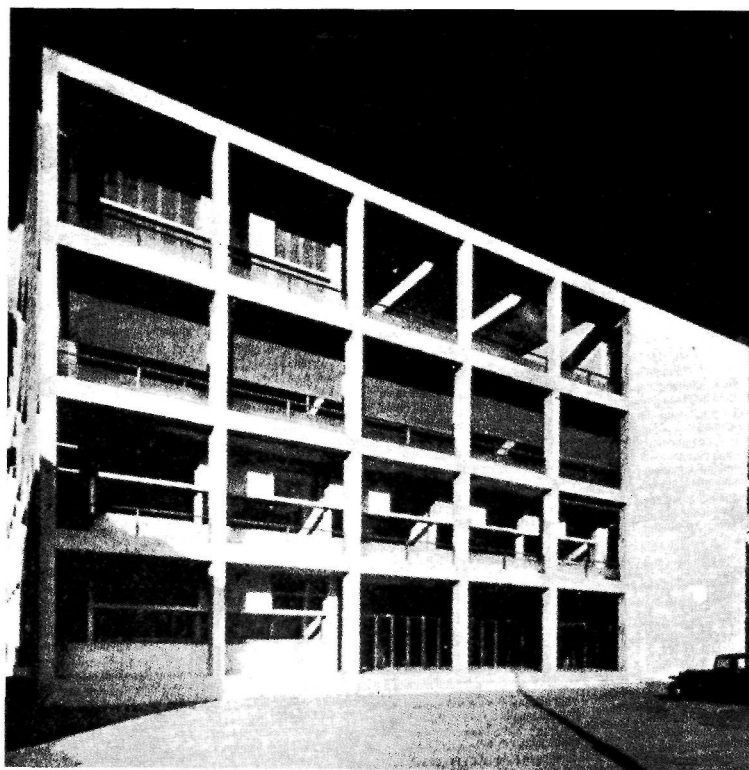
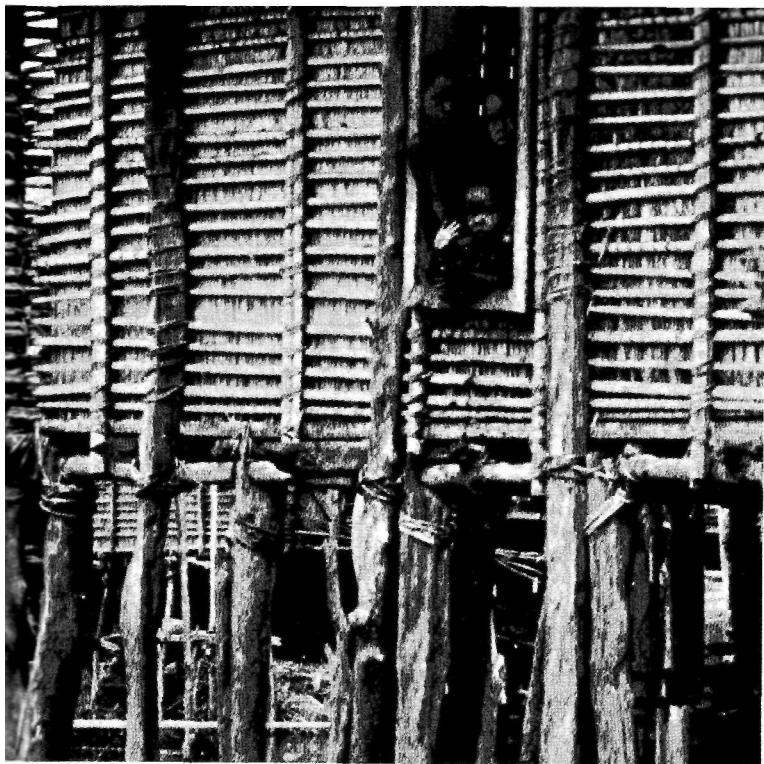
In tal modo si determina anche una differenziazione ai fini della stabilità dell'insieme tra i due tipi di elementi: i verticali sopportano le azioni trasmesse dagli orizzontamenti, con i relativi carichi accidentali e permanenti.

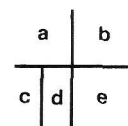
Si ha così una gerarchizzazione delle funzioni statiche: portanti principali, gli elementi verticali, portati e portanti secondari, gli orizzontamenti.

L'involucro scatolare, che presuppone apparecchiature costruttive «piane» o «piano-lineari», può essere basato sia sul principio dell'architrave, come testimoniano opere megalitiche (a, b) e in genere le costruzioni a setti murari (e), sia sul principio del telaio.

a, dolmen di Mané-Kerioned in Francia; b, sepolcro megalitico a Malaga; c, la «Cuba» di Palermo; d, villa Shodhau di Le Corbusier.

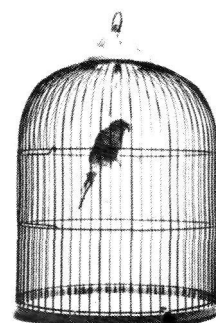
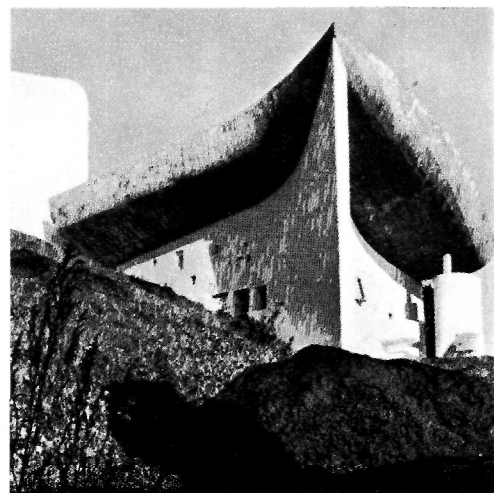
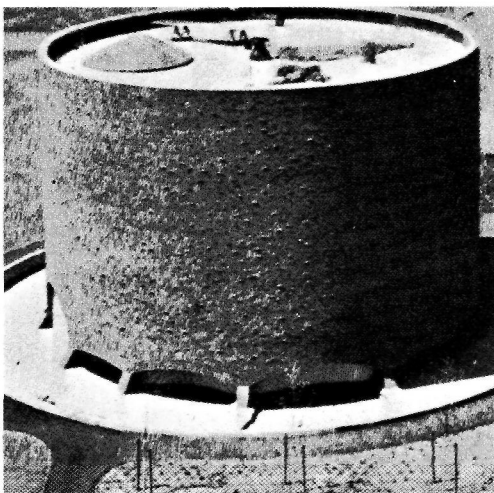
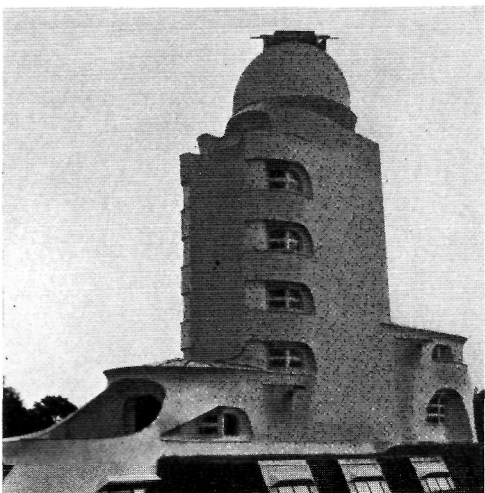
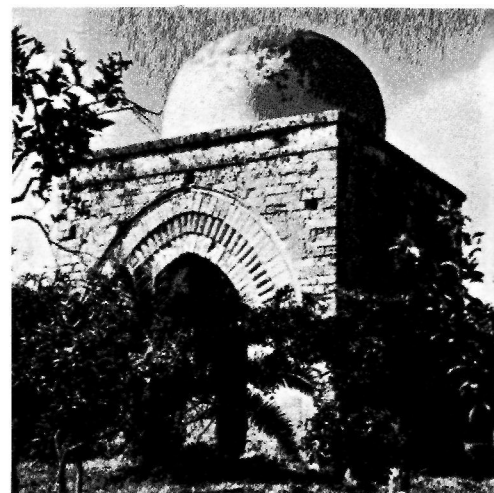
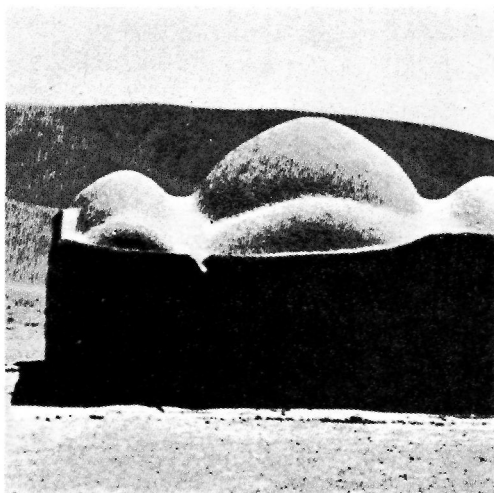
a	c
b	
d	e

TAV. 92. — L'INVOLUCRO SCATOLARE: PROCEDIMENTO A SETTI

Usare lastre lapidee portanti una lastra di copertura risale alla preistoria (a) e su tale criterio si basa il procedimento a «setti»: le chiusure verticali (setti perimetrali) e alcune partizioni interne (setti di spina e trasversali) sono continue, portano le C. 0. e sono a « maglia chiusa » (b) ai fini della stabilità. I setti si realizzano per « addizione » sia di elementi lignei (antiche costruzioni a tronchi sovrapposti) sia di conci in pietra, in laterizio o in calcestruzzo leggero (la classica ossatura muraria a « quiconci »); si possono ottenere anche per « modellatura » in opera di impasti: costruzioni primitive in argilla e acqua; getti in calcestruzzo ordinario o armato. Con la prefabbricazione si hanno i procedimenti « piani », cioè uso di pannelli-parete portanti e di pannelli-solaio (in legno a « ballon-frame »; sandwichs in acciaio o materiali leggeri; in c.a. o latero-cementizi; ecc.). Nel procedimento a setti le chiusure orizzontali si realizzano in base al principio del «trilite» o dell '« architrave elastico», impiegando, nel primo caso, lastre lapidee (ad es., i templi egizi), nel secondo, solai a ordito più impalcato (solai in legno o in ferro e tavelloni) o ad impalcato autoportante (solai in c.a. o latero-cementizi). Le chiusure orizzontali compartecipano o meno alla stabilità dell'insieme; si ha compartecipazione quando il solaio è solidale ai setti (ad es., unione con il cordolo in c.a. collegante i muri).

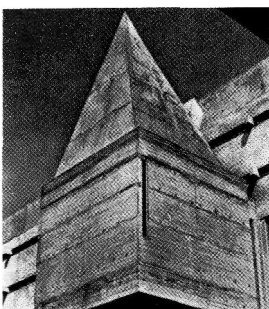
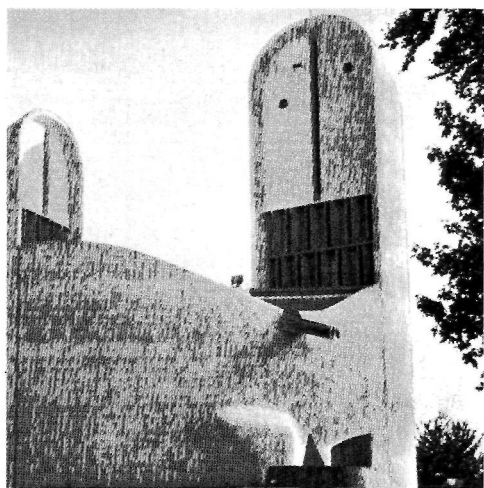
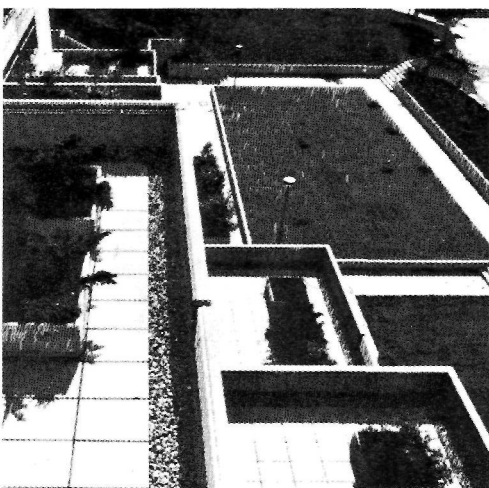
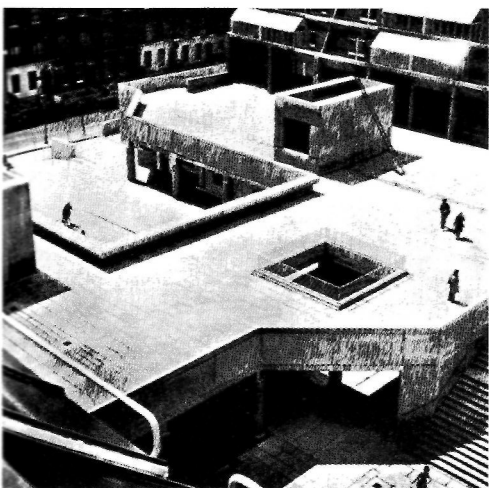
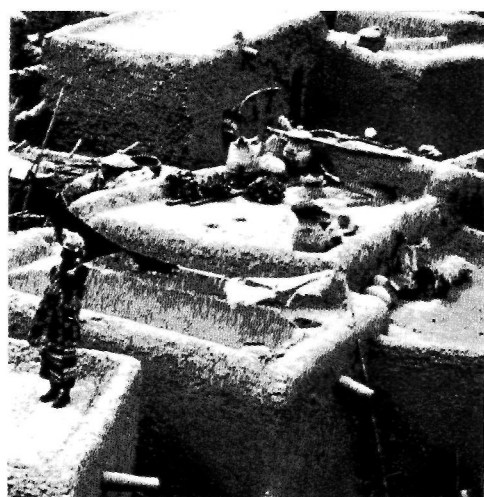
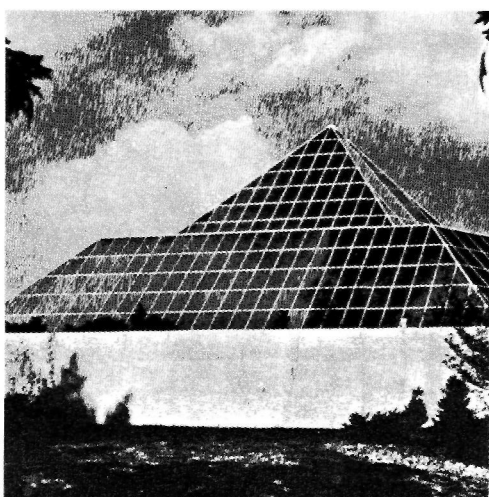
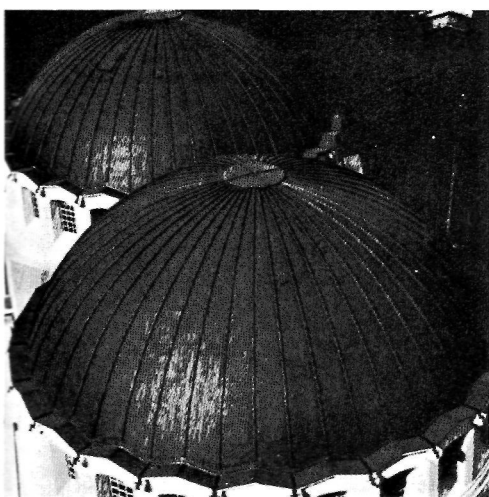
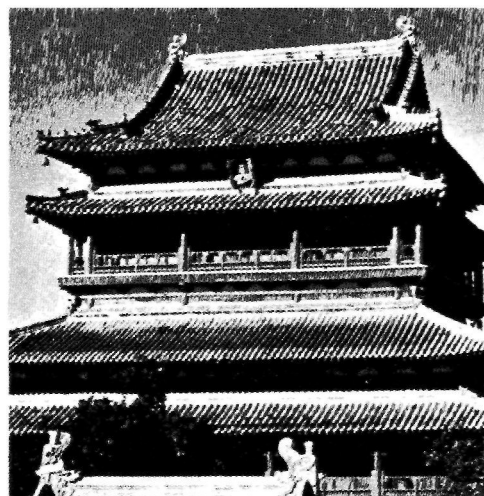
a, dolmen di Bisceglie (Puglie); b, rovine del palazzo di Toprak-Kala, Uzbekistan, III-IV sec; c, setti in mattoni e cordoli rivestiti in laterizio (Inghilterra); d, costruzione in setti prefabbricati in c.a.; e, « spaccato » di casa ottocentesca che evidenzia la « scatolarità » dell'organismo.

TAV 93. — L'INVOLUCRO SCATOLARE: PROCEDIMENTO A GABBIA

Uno «spazio costruito» può essere definito da un semplice ordito tridimensionale di elementi lineari, come è appunto una gabbia che possiede tutti i requisiti per garantire la stabilità. Sul **procedimento a gabbia** sono basate le apparecchiature costruttive piano-lineari sia di tipo primordiale (a), costituite da una tessitura di elementi lignei, sia delle attuali costruzioni a «scheletro indipendente». Le chiusure verticali e le partizioni interne hanno soltanto il ruolo di delimitare e classificare lo spazio, nonché di assicurare il comfort ambientale, mentre la «gabbia», cioè lo scheletro portante (basato sul principio del telaio), garantisce la sicurezza statica e la stabilità dell'insieme. Lo scheletro portante oggi viene realizzato, oltre che in legno, in c.a., in acciaio e anche in alluminio.

a, costruzioni su palafitte delle tribù Toffin (Africa); b, edificio di G. Terragni a Como con scheletro in c.a. (1932-1936); c, d, e, edifici con scheletro in acciaio: grande magazzino a Chicago di H. Sullivan, 1899 (c); « Lake Shore Drive appartaments » di Mies Van der Rohe a Chicago, 1951 (d); edificio per uffici, Deere and Company Headquarters a Moline Illinois, E. Saarinen (e).

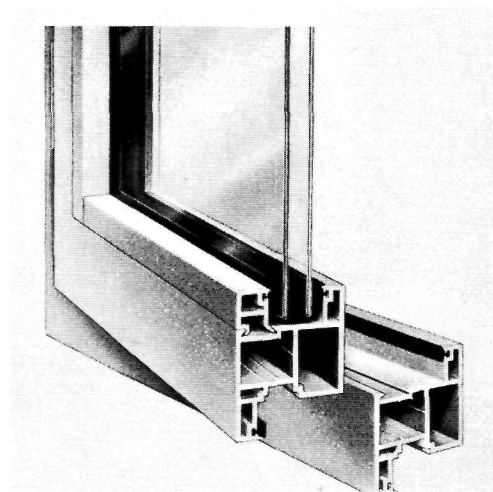
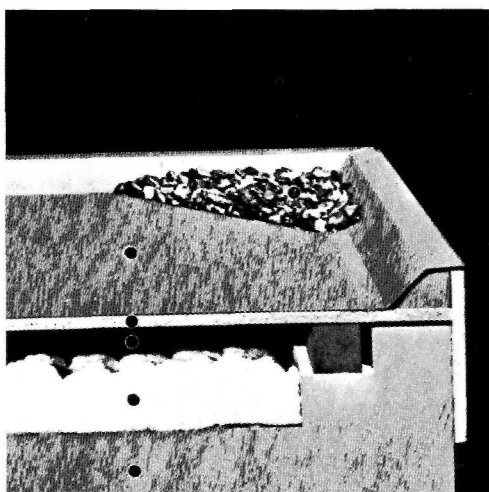
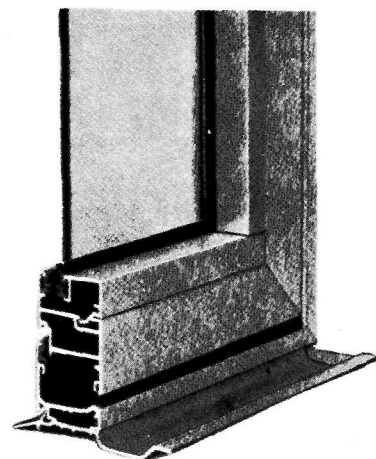
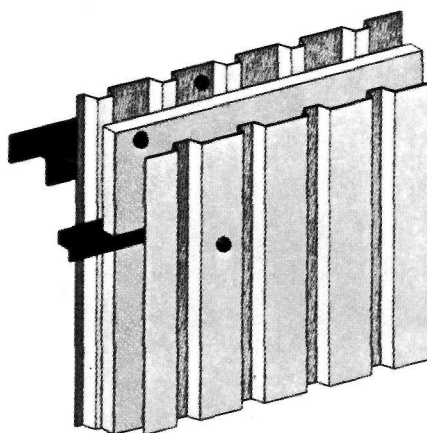
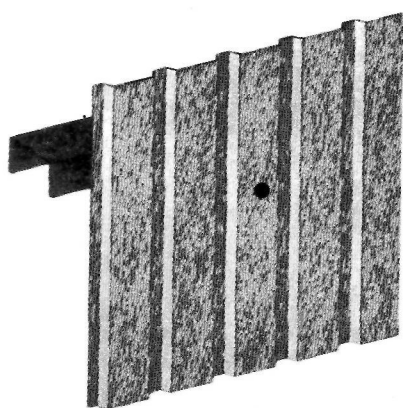
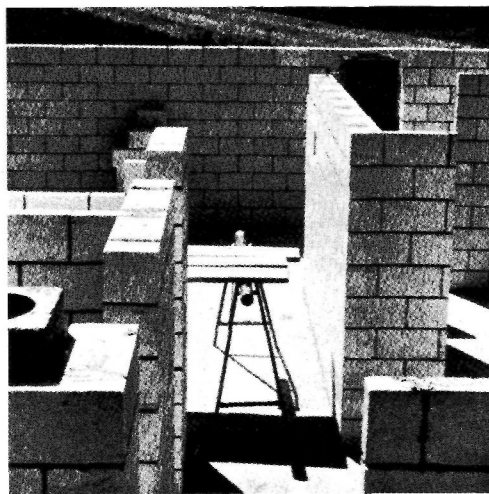
a	b	c
d	e	f
g	h	i

l

TAV. 94. — I PRINCIPI GEOMETRICO-COSTRUTTIVI

Se per meglio esemplificare un metodo di analisi si è effettuata una schematizzazione tra due poli di configurazione dell'oggetto edilizio, l'involucro scatolare e l'involucro globale, la realtà architettonica presenta ovviamente, una tale articolazione di forme che vanno al di là di queste classificazioni, che hanno un valore puramente strumentale. Se alcuni organismi di vari periodi storici possono essere ricondotti alle due configurazioni sopradette, certamente è facile riscontrare che nella maggioranza dei casi la forma geometrica è frutto di ambedue le configurazioni, talvolta in modo evidente (a, b, c, d, e, f, l), altre volte in maniera più complessa e sfumata (g, h, i). Tuttavia anche in questi casi è possibile applicare il metodo di analisi facendo riferimento, senza perdere l'unitarietà dell'oggetto esaminato, agli elementi di fabbrica che lo compongono. Infatti si ricorda che l'analisi geometrico-costruttiva dovrebbe condurre nell'azione-progetto ad individuare la fattibilità costruttiva e quindi il procedimento per realizzare l'organismo nel suo insieme e nelle parti costituenti. In questo senso 'i princìpi costruttivi enunciati nelle precedenti tavole e nelle seguenti possono essere punto di riferimento, e non certo il fine, di una analisi tecnico-costruttiva.

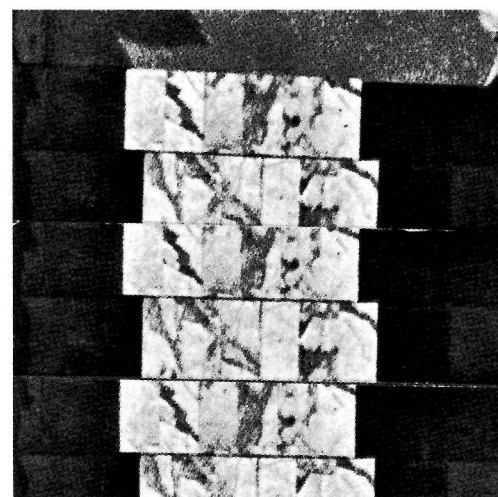
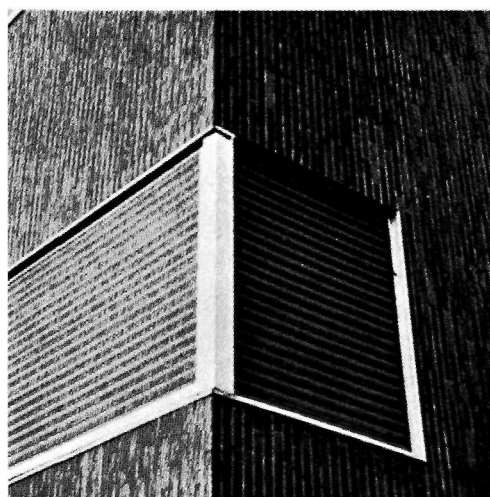
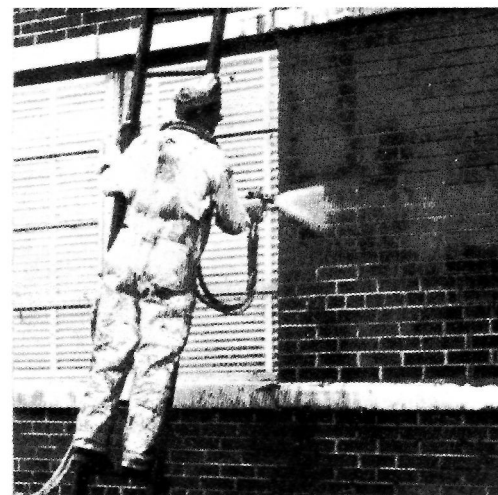
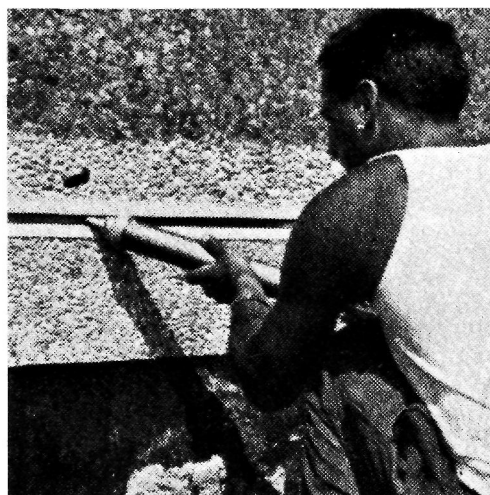
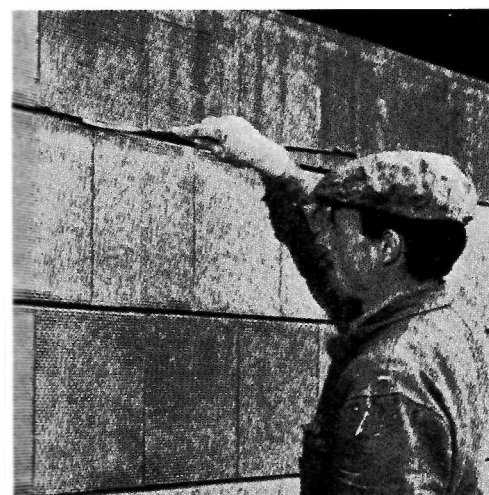
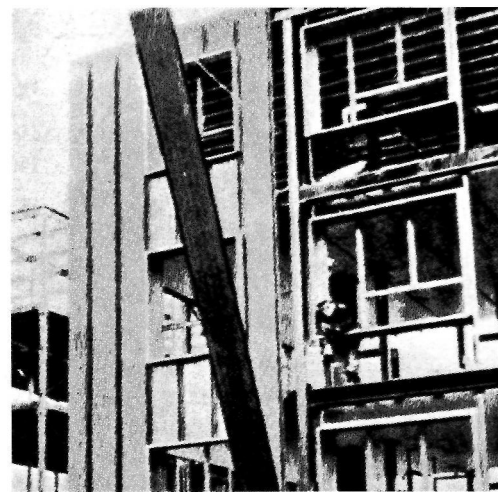
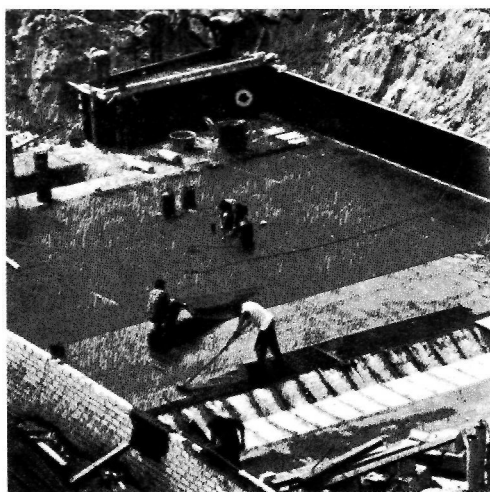
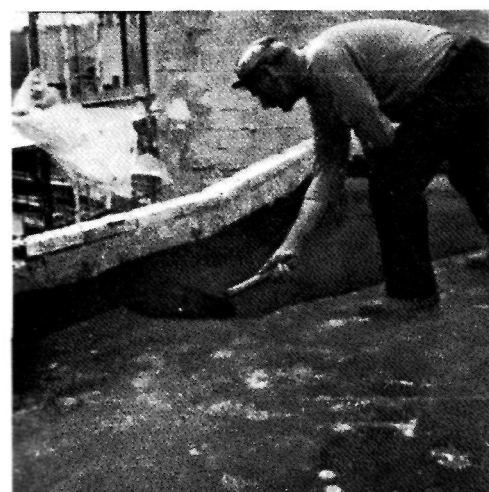
a, il grande « stupa » di Subasi (Cina); b. Caravanserraglio; c, la piccola Cuba a Palermo; d, il Pantheon a Roma; e, tempietto di S. Andrea del Vignola, 1554 (Roma); f, la « rotonda » del Palladio a Vicenza (1550-1556); g, la torre Einstein di E. Mendelson; h, cappella del M.I.T. nel Massachusetts di E. Saarinen; i, la cappella di Ronchamps di Le Corbusier; l, cappella alla «Tourrette» di Le Corbusier.

TAV. 95. — PRINCÌPI COSTRUTTIVI RELATIVI AL COMFORT AMBIENTALE

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Per proteggere lo «spazio costruito» dalle precipitazioni atmosferiche sono stati sempre applicati, sin dalle civiltà primitive: il **principio del deflusso diretto,** cioè conformare la copertura in modo da ottenere un immediato smaltimento dell'acqua piovana; il **principio della raccolta e dello smaltimento,** cioè creazione di un «catino a tenuta» con deflusso mediante canalizzazioni. Con il **principio del deflusso diretto** la copertura è conformata a tetto o a volta con manto (in materiale sufficientemente leggero, impermeabile, non poroso) realizzato: per sovrapposizione di elementi piani o a canale (dalle grandi foglie di coperture primitive, a, alle tegole, c, alle lastre di ardesia, ecc.) con elevato numero di giunti a mq.; con elementi sovradimensionati per diminuire i giunti, come le lastre piane o ondulate (in lamiere metalliche, b, d, in poliestere rinforzato, in fibrocemento, ecc.) aggraffate o sovrapposte; con impasti impermeabilizzanti dati per spalmatura (specie in caso di copertura a volta, in passato rivestite in piombo o in ceramica); in casi particolari con lastre di vetro, **e.** Con **il principio della raccolta e dello smaltimento** si hanno le «coperture a terrazzo» (originate laddove era necessario convogliare le acque piovane in cisterne, ad es., fig. f, villaggio Bozo) che sono rivestite con manti « a tenuta » per l'acqua, tenendo conto delle dilatazioni termiche, nonché degli assestamenti e delle deformazioni del supporto: materiali asfaltici per spalmatura a caldo, cartonfeltri bitumati e simili, grandi teli in materie plastiche, ecc. Questi strati, date le caratteristiche di plasticità o di limitata resistenza all'usura, richiedono uno strato protettivo (g, h). Per il deflusso delle acque occorrono, oltre opportune pendenze, semplici «buttafuori» (i) o «pluviali» connessi al manto mediante «bocchettone».

a	b	c
d	f	h
e	g	i

TAV. 96. — PRINCIPI COSTRUTTIVI RELATIVI AL COMFORT AMBIENTALE

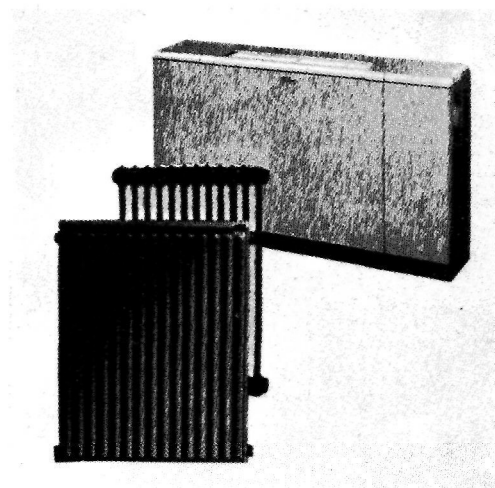
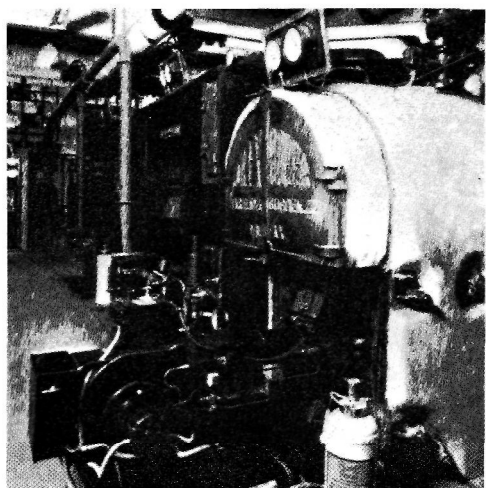
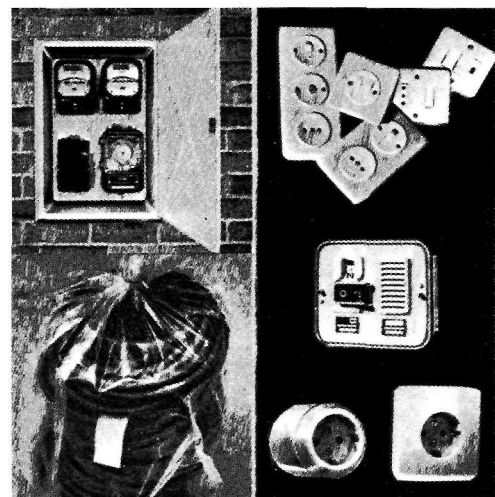
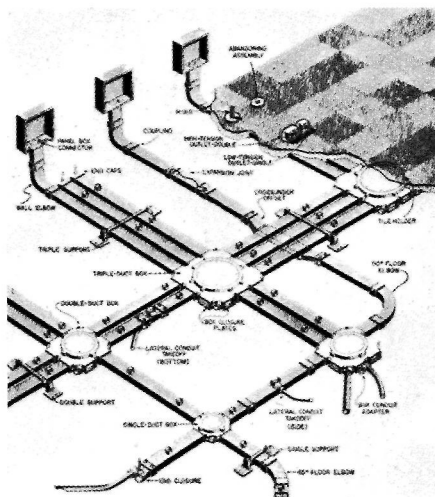
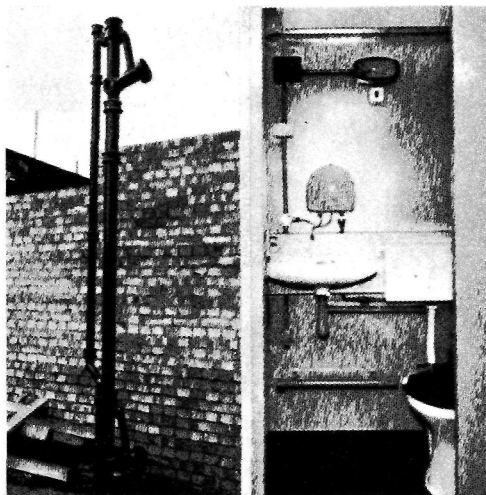
Par l'isolamento termico (impedire la trasmissione del calore attraverso una parete) ed acustico (impedire la propagazione del suono da un ambiente all'altro) dello «spazio costruito», gli elementi costruttivi funzionali, in particolare quelli relativi alla CV, alla PI e alle CO, sono conformati in base al principio del **corpo unico** e del **corpo multiplo. In** caso di **corpo unico** l'elemento monostrato, cioè con struttura interna ottenuta con un unico materiale, con le sue caratteristiche intrinseche e lo spessore assicura l'isolamento termico e/o acustico e in certi casi anche la resistenza statica e/o la protezione da infiltrazioni d'acqua e d'aria (ad es., CV portanti e COC). In caso di **corpo multiplo** l'elemento è un « pacchetto » a più strati a ciascuno dei quali è affidato uno o più ruoli specifici, ma tra loro complementari, ai fini dell'isolamento termico e/o acustico e in certi casi anche a fini statici e/o protettivi. Schematizzazione più elementare è un «pacchetto» di tre strati: gli strati interno e esterno (o di intradosso e di estradosso) con capacità di resistenza meccanica e protettiva, uno strato intermedio isolante. Nella pratica il pluristrato può essere più complesso sia per numero che per complementarietà di ruoli dei varii strati costituenti.

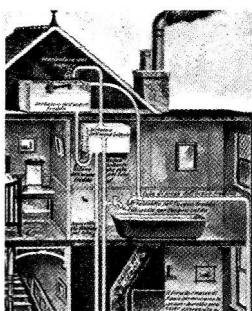
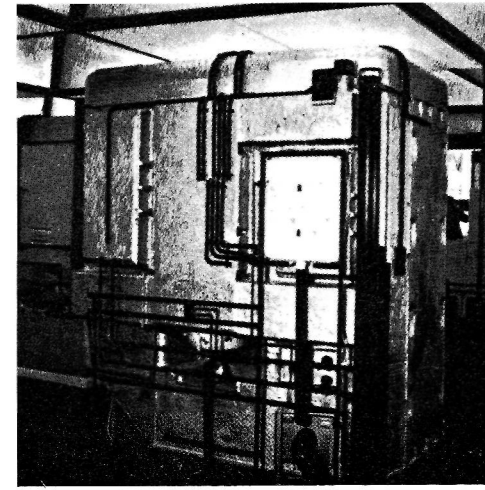
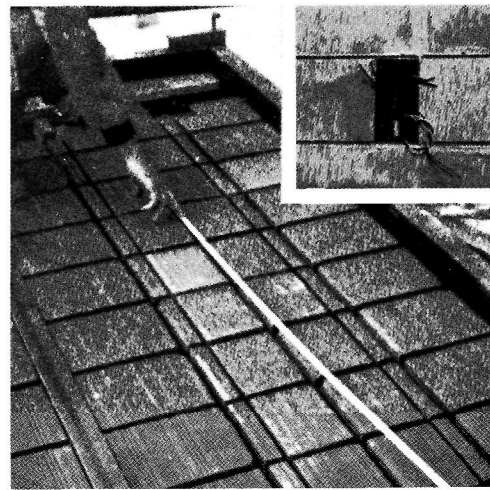
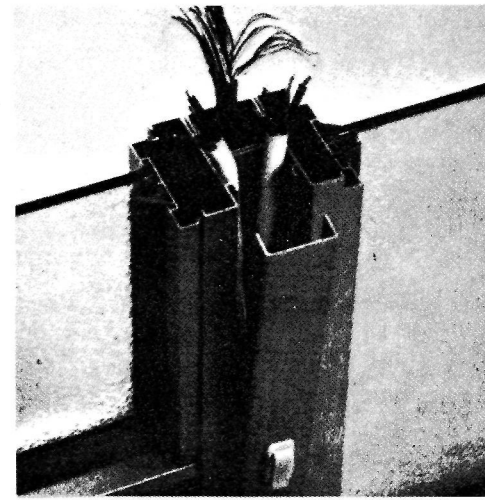
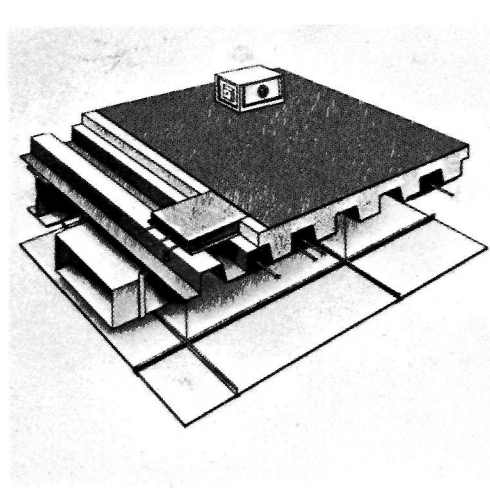
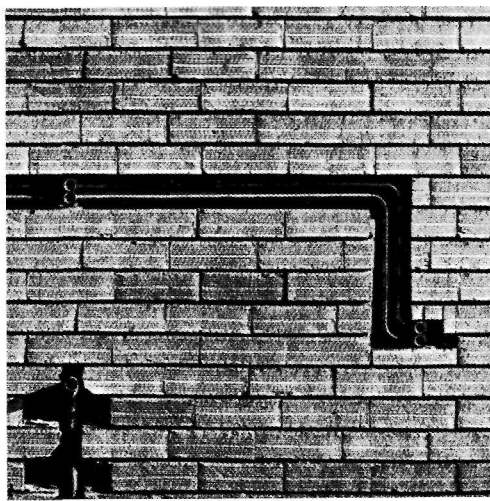
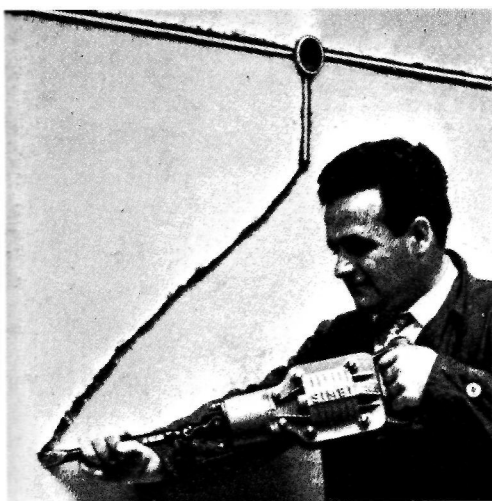
a, tenda «yurta»: CV monostrato isolante e protettiva; b, CV a «corpo unico» isolante e portante; e, CV portante a «corpo multiplo», con strato intermedio coibente; d, e, elementi a «corpo unico» per CV e **COC** in materiale leggero, con capacità più protettive che di isolamento; f, pannello-facciata sandwich in lamiera con interposto isolante; g, copertura con strati: in ghiaietto, impermeabile, di supporto, coibenti, resistente (soletta); h, i, finestre monolastra e a «doppio vetro».

TAV. 97. — PRINCÌPI COSTRUTTIVI RELATIVI AL COMFORT AMBIENTALE

a	b	c
d	e	f
g	h	i

Per assicurare il comfort ambientale e al tempo stesso per conservare le caratteristiche prestazionali degli elementi costruttivi è necessario da una parte impedire le infiltrazioni d'acqua e d'aria (in particolare per CV e COC), dall'altra prevedere dei protettivi. Si seguono due criteri: rendere minimo per unità di superficie il numero dei giunti, «punto debole» per le infiltrazioni; adottare materiali con caratteristiche di impermeabilità e durevolezza, e in caso contrario provvedere con manti protettivi. Per quanto concerne il problema dei giunti condizione ottimale sarebbe conseguire la continuità materica (ottenibile solo in casi particolari, ad es., manti spalmati in opera, a; muri in calcestruzzo anziché in conci). Per diminuire i giunti attualmente si usano elementi sovradimensionati (ad es., teli impermeabili di grande ampiezza o lunghezza, b; pannelli-facciata di altezza pluripiano, c, in sostituzione delle tamponature a conci. Comunque il giunto, qualora non abbia attributi intrinseci di tenuta (ad es., lamiere aggraffate e piegate), deve essere sigillato (ad es., « giunto stilato» delle murature, d; giunti tra pannelli prefabbricati in cordoni di materie plastiche, e). La protezione, sia per interni che per esterni, in genere può essere ottenuta con strati di vernice opaca o trasparente (f), con intonaci normali o idrorepellenti (g), o con rivestimenti (h, i). Ovviamente nel caso di rivestimenti si ripropone il problema del giunto.

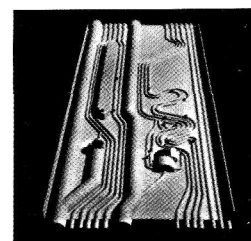
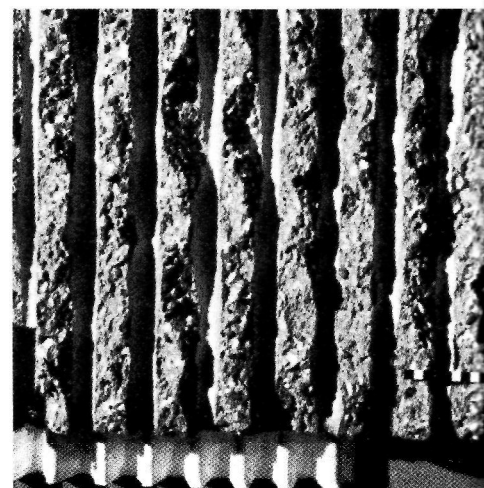
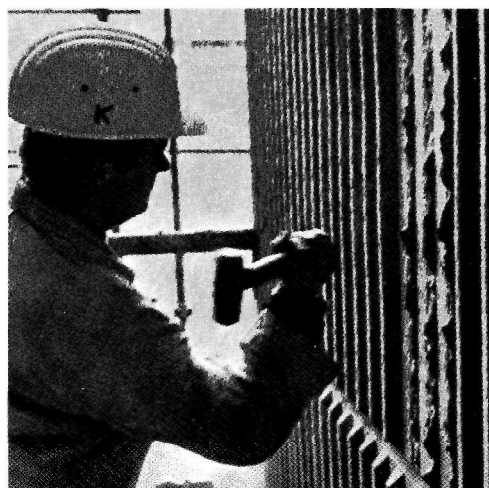
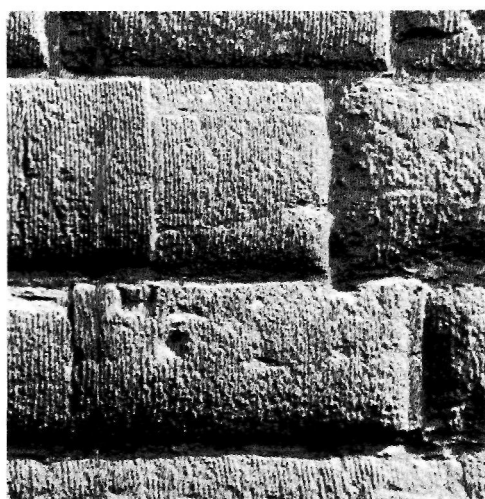
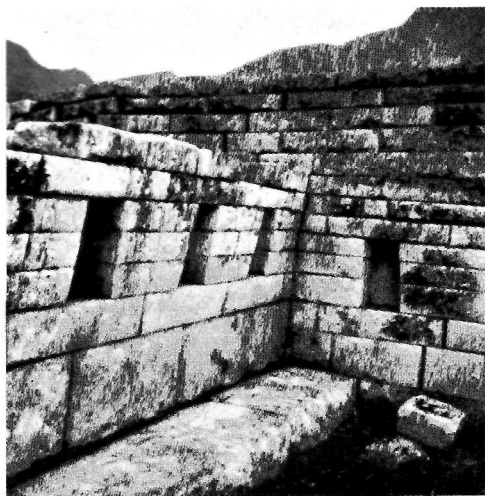
a	b	c
d	e	f
g	h	i

l

TAV. 98. — GLI IMPIANTI

Le esigenze di comfort richiedono, oltre a specifiche capacità di prestazione degli elementi costruttivi, il controllo delle condizioni ambientali e la dotazione di servizi per lo svolgimento di determinate attività a seconda della destinazione d'uso dello «spazio costruito». Quindi nell'ambito dell'apparecchiatura costruttiva occorre considerare come parte integrante i vari impianti necessari per una destinazione d'uso e per specifici tipi edilizi. Gli impianti oggi prevedibili sono destinati: alla distribuzione e all'utilizzazione dell'acqua, allo smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi, alla distribuzione dell'energia elettrica e del gas, per le telecomunicazioni, per il riscaldamento e il condizionamento, per la sicurezza (impianti d'allarme, antincendio, ecc.). Gli impianti necessitano di manufatti e apparecchiature centralizzate che, a seconda del tipo, possono essere di raccolta, di produzione o di distribuzione; tale centralizzazione può avvenire sia a livello di servizi di urbanizzazione sia a livello di organismo edilizio (ad es. centrale termica di un edificio di notevoli dimensioni, g). Inoltre un impianto è costituito, di norma, da una rete di «canalizzazioni» (a, b, e, h), di punti di utilizzazione (e, f) e di apparecchi di utilizzazione (a, c, d, i). Si può affermare che, unitamente agli elementi costruttivi, gli **elementi impiantistici** giocano un ruolo determinante nella realizzazione dello «spazio costruito» (l); pertanto l'insieme correlato degli elementi di ciascun impianto è da considerare «sub-sistema» dell'apparecchiatura costruttiva, al pari degli elementi di fabbrica.

TAV. 99. — GLI IMPIANTI

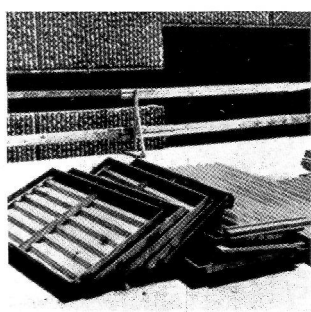
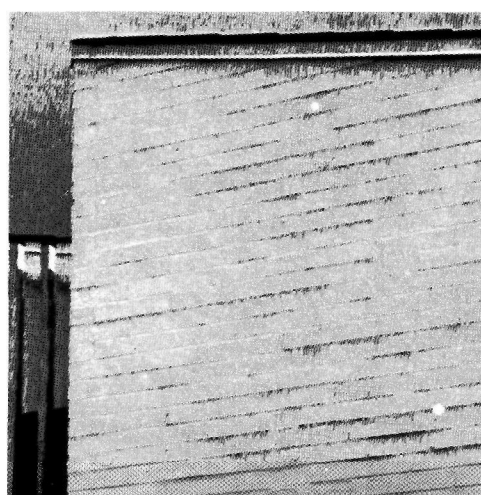
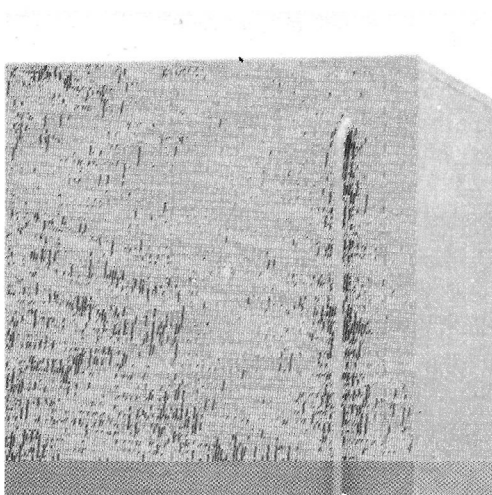
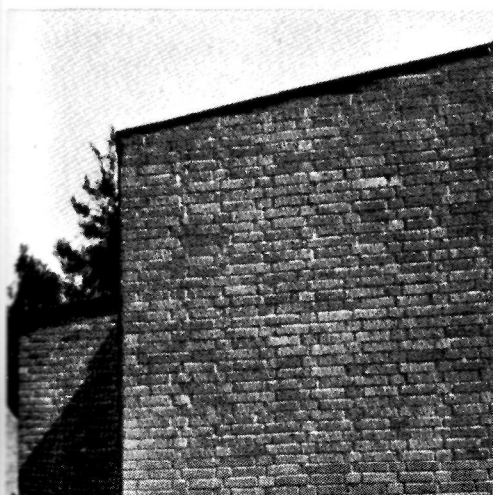
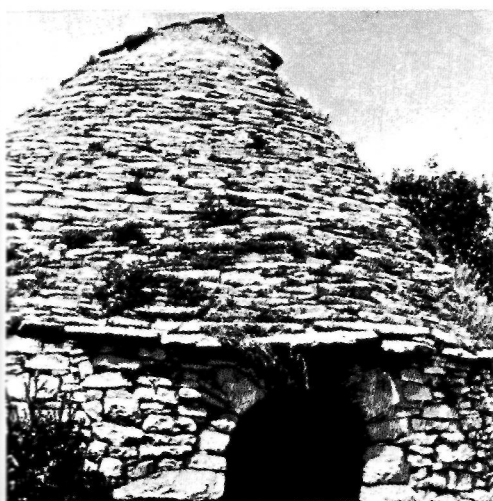
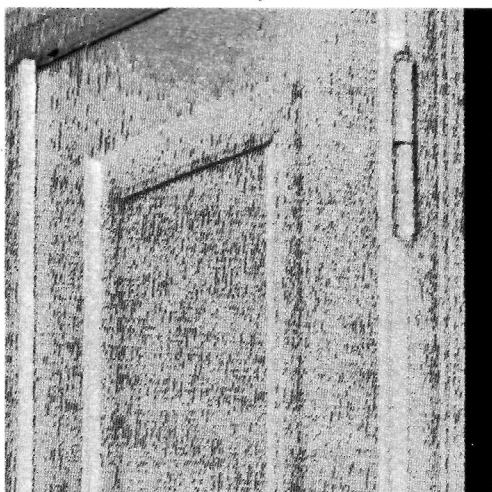
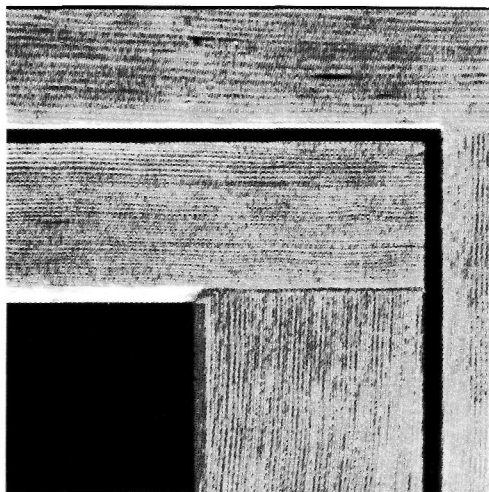
La componente impiantistica va considerata nella globalità dell'azione-progetto, non come fatto accessorio; nel momento progettuale si devono correlare i sub-sistemi impiantistici con gli elementi di fabbrica, in modo da effettuare, a monte della fase esecutiva, scelte per la «collocazione» degli elementi impiantistici in rapporto al procedimento costruttivo e al risultato formale che si vuole ottenere. Prescindendo da una collocazione contingente in sede cantieristica (a), gli impianti possono risultare **esterni,** cioè « in vista » (per scelta progettuale e non per dimenticanza) o **interni,** cioè «incorporati» negli elementi costruttivi. Ciò può essere ottenuto: **in** opera, realizzando secondo indicazioni di progetto, elementi costruttivi funzionali con opportune sedi (b, c); impiegare elementi costruttivi prefabbricati **attrezzagli,** capaci di accogliere sia in fase cantieristica che di esercizio elementi impiantistici (d, f); applicare elementi costruttivi prefabbricati **attrezzati,** cioè incorporare preventivamente parti di un impianto in officina.

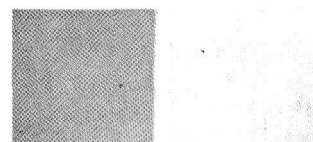
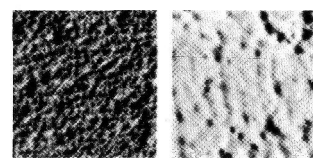
a, traccia su di un rustico finito; b, c, sedi predisposte nell'esecuzione dei muri; d, plinto prefabbricato con fori per «discendenti»; e, CO con impianti incorporati in opera (all'estradosso) e incorporabili all'interno del controsoffitto; f, serramento « attrezzatine »; g, h, pannelli «attrezzati» in officina, per impianto idrico (g) ed elettrico (h); i, incorporare gli impianti in officina ha condotto ai «blocchi-ambiente funzionali» prodotti industrialmente; l, parete stampata a due valve per canalizzazioni.

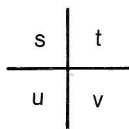
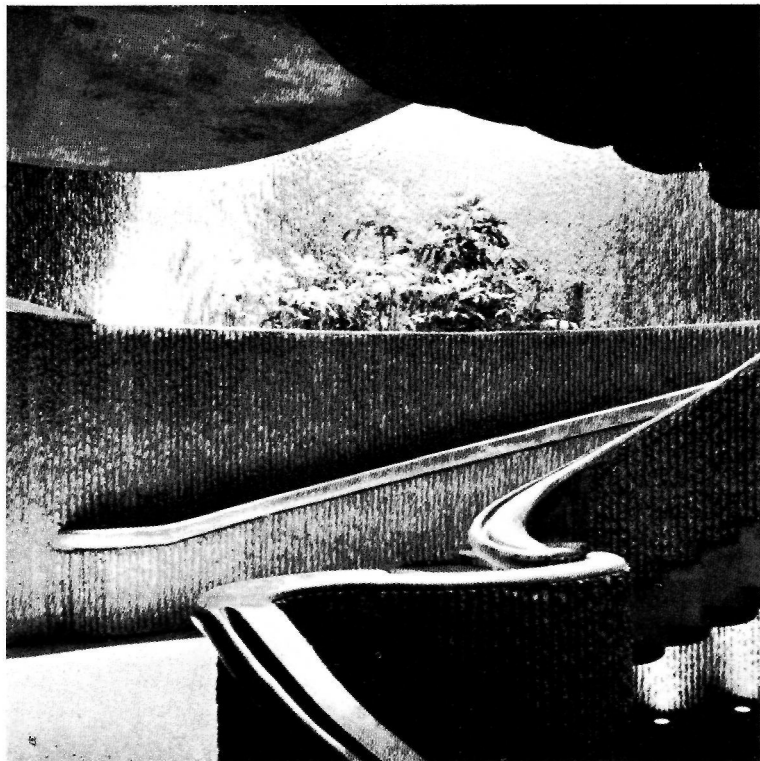
a | c | e
b | |
d | f | g
h

TAVV. 100-101. — IL MATERIALE E LA PERCEZIONE DELLA FORMA

Nell'azione-progetto si ha un'interagenza tra l'intenzionalità con cui si vuole far percepire la forma dell'oggetto e il procedimento costruttivo. In questo caso si fa riferimento alla percezione delle caratteristiche geometriche e della consistenza materica dello « spazio costruito » sotto il profilo visivo e anche tattile; in pratica significa effettuare delle scelte progettuali rivolte alla «finitura» dell'oggetto e quindi definire, in tal senso, nel procedimento costruttivo i tipi di materiali e le lavorazioni da adottare.

Il voler porre in evidenza sotto il profilo percettivo, oltre agli attributi geometrici della forma, anche quelli materici **(principio materico),** nel senso di sottolineare il modo con cui si è «costruita» una forma, significa in termini cantieristici: a livello di organismo ottenere un « rustico-finito » (vedi Tavv. 102-103); a livello di elementi costruttivi lasciarli «in vista» o a «faccia-vista» o al «naturale».

I ruderi di Machu Pichu in Perù (a) sono un esempio di un « rustico finito » ottenuto con concidi pietra a «faccia-vista»; analogamente il modo di lavorare la muratura e di trattare la superficie di ogni singolo concio in Palazzo Pitti (b) sono conseguenti, non solo all'intenzionalità di porre in evidenza l'entità volumetrica dei conci, ma anche di percepirne una particolare finitura superficiale (faccia-vista pettinata). A. Aalto nella casa d'estate a Muuratsalo in Finlandia ha voluto analizzare in concreto le possibilità cromatiche, geometriche e plastiche ottenibili con la muratura a «faccia-vista» (c).

(segue)

Come le scelte di trattamento superficiale incidano nel procedimento costruttivo risulta evidente negli organismi e negli elementi in c.a. « in vista »: le casseforme devono essere piallate e trattate con disarmanti, nonché opportunamente predisposte in modo che la loro impronta possa essere « letta » secondo un disegno organico (d); può essere richiesta, oltre ad una particolare conformazione della cassaforma (ad es., in lamiera grecata, h) una lavorazione superficiale (dopo la presa del getto) che, pur nella sua semplicità, richiede una sensibilità percettiva da parte dell'operaio che la esegue (ad es„ il c.a. in vista «martellato» di cui alle figure e, f, g).
Nella figura **i** si ha un esempio di serramento in legno «al naturale», cioè resta leggibile non soltanto l'accoppiamento dei montanti e dei trasversi, ma soprattutto l'essenza del legno con il suo colore e le sue venature; pertanto nel procedimento costruttivo del serramento occorre prevedere uno strato protettivo trasparente.
Se si vuole porre l'accento sugli attributi estrinseci della forma dell'oggetto, in particolare i valori di superficie e volumetrici **(principio geometrico),** si tende a non porre in evidenza il fatto costruttivo che ha generato la forma. In tal senso il serramento prima trattato al naturale verrà finito applicandogli uno strato di vernice che, anche

(continua a Tavv. 102-103)

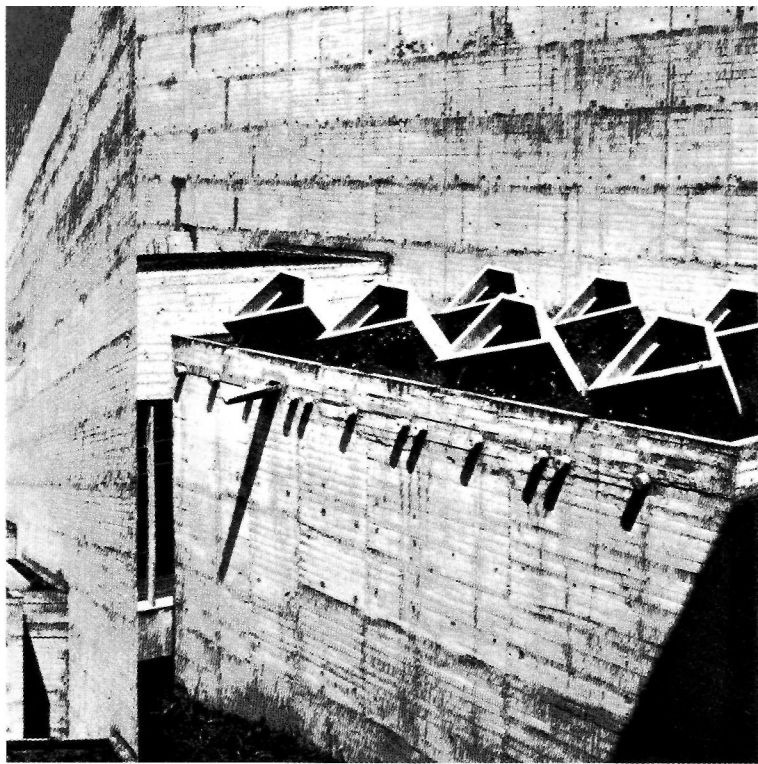
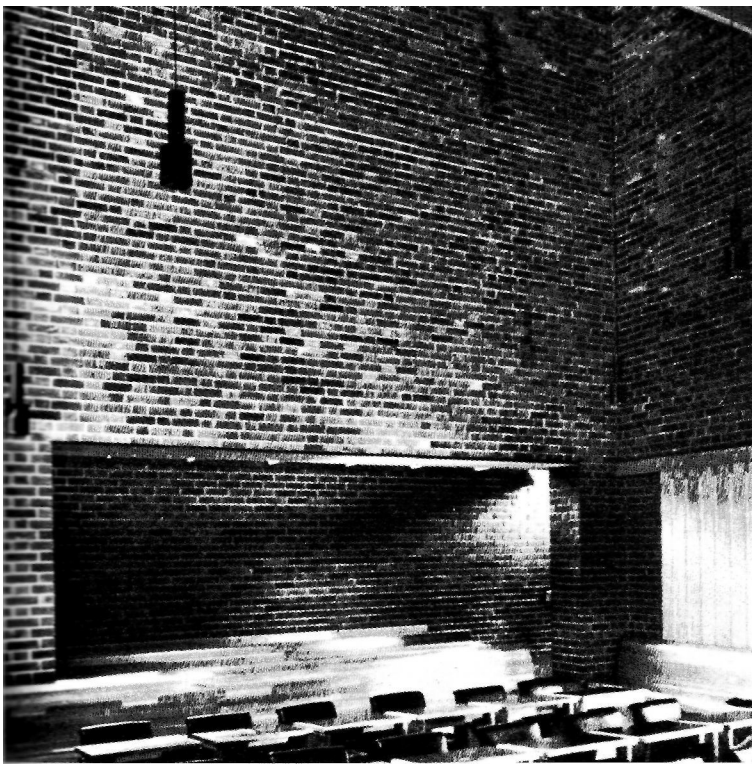
s	t
u	v

TAVV. 102-103. — IL MATERIALE E LA PERCEZIONE DELLA FORMA

(segue da Tavv. 100-101)

con i suoi attributi cromatici, pone in risalto la forma geometrica dell'insieme e delle parti costituenti (j). Le stesse considerazioni possono essere fatte confrontando un pilastro in acciaio « verniciato » con uno in acciaio cor-ten, cioè al naturale (k). Quanto detto risulta maggiormente evidente ponendo a confronto i tre trulli illustrati: quello di figura l si basa sul principio materico, quello di figura n sul principio geometrico e infine quello di figura m è improntato da ambedue i princìpi. Ciascuno di essi, in rapporto anche al contesto che li accoglie, costituisce un'entità architettonica unitaria e ciò vuol dire che, se ai fini di una metodologia di analisi è giustificabile individuare dei princìpi operativi, soltanto nel momento progettuale si definiscono le scelte congruenti con l'obbiettivo perseguito.

Volendo ora fare riferimento ad un elemento costruttivo funzionale si può riprendere quanto detto in precedenza ponendo a raffronto tre setti murari: il primo è a «faccia-vista» (o), cioè basato sul principio materico; il secondo è intonacato per

Il procedimento costruttivo può essere finalizzato ad un «rustico-finito».
s, costruzione agricola svedese (secc. XIV-XV); t, Taliesin-West di F. L. Wright; u, v, Endo Laboratories, Garden-City di P. Rudolph.

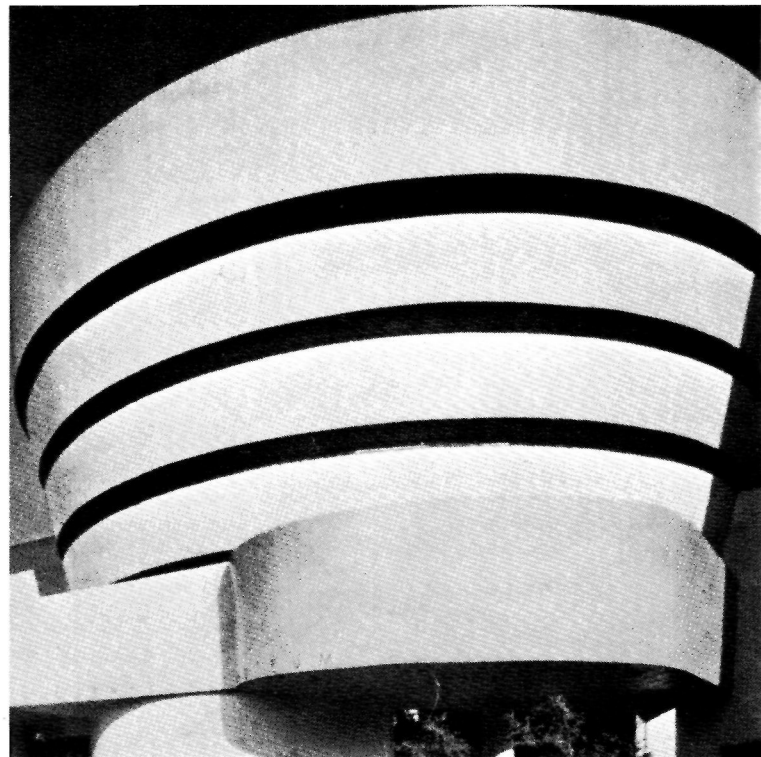
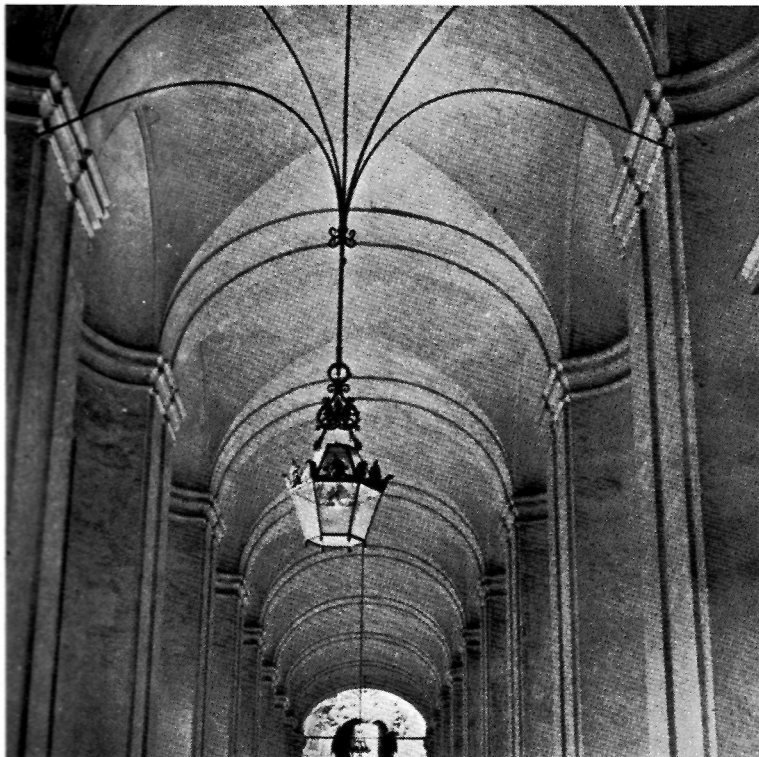
w | x
y | z

(segue)

esaltare i suoi attributi di superficie e di volume (p); nel terzo si pone in risalto il valore geometrico di superficie con un velo di colore che, pur ripristinando la continuità geometrica, lascia «leggere» al tempo stesso la trama costruttiva dei conci e dei comenti (q).

L'intonaco, ad esempio, è tipico per ottenere una valorizzazione geometrica della forma dell'oggetto che «riveste» (vedi anche Tavv. 104 e 105); tuttavia l'intonaco nella sua finitura superficiale può risultare « rustico », « granulato », « pettinato » «lisciato», «terso», ecc., cioè può essere a sua volta trattato in modo «materico» o «geometrico» (r).

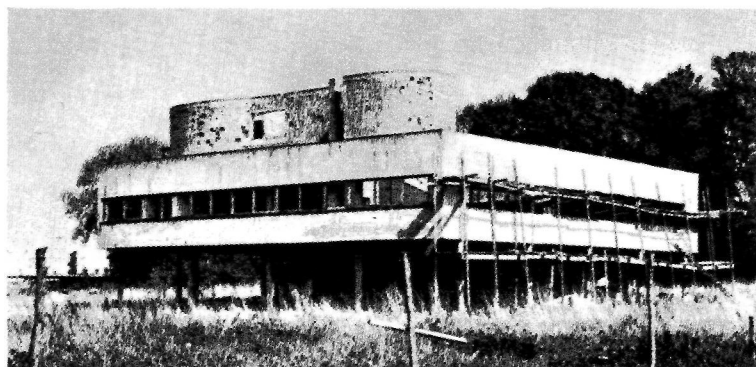
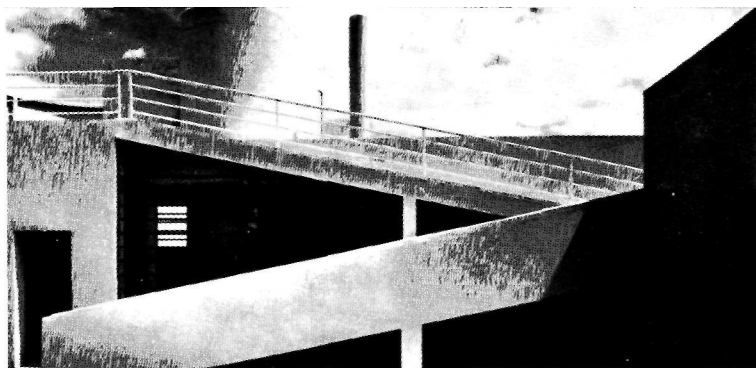
Tutto ciò sta ad indicare che gli effetti percettivi debbono essere considerati a livello di insieme e delle singole parti, nonché posti in rapporto sia alla distanza di visualizzazione (dalla lontana alla ravvicinata) sia alla sensazione tattile diretta e indiretta («richiamo visivo» della sensazione).

Il procedimento costruttivo può essere finalizzato ad un « rustico-finito ».

w, interno del municipio di Säynatsälo di A. Aalto; x, la « Tourrette » di Le Corbusier; y, viadotto a Roma di P. L. Nervi; z, « La Rinascente » a Roma di F. Albini e F. Helg.

a	b
c	d

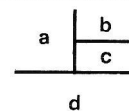
TAV. 104. — IL MATERIALE E LA PERCEZIONE DELLA FORMA

Il procedimento costruttivo può essere finalizzato alla percezione geometrica della forma, ad es. applicando la tecnica dell'intonaco e della tinteggiatura.

a, il borgo medioevale di Ostuni; b. Palazzo Pucci di Firenze; c, volte della «scala regia» del Bernini; d, il museo Guggenheim a New York di F. L. Wright.

TAV. 105. — IL MATERIALE E LA PERCEZIONE DELLA FORMA

a | b / c | d

L'intenzionalità di Le Corbusier di esaltare gli attributi geometrici della forma attraverso «... le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblès sous la lumière ...», come lui stesso afferma, è architettonicamente sintetizzata nella Ville Savoje, dove il sapiente uso dell'intonaco terso rende costante, sia da lontano che a distanza ravvicinata, la percezione globale della forma. Il «principio geometrico» perseguito è palese raffrontando l'immagine della figura d con quella c relativa ai recenti lavori di restauro.

a, b, c, d, la Ville Savoie a Poissy (1929-1931) di Le Corbusier.

PARTE TERZA

L'EDILIZIA INDUSTRIALIZZATA E I PROCEDIMENTI INDUSTRIALIZZATI

GENERALITÀ

Prima di passare in argomento, è opportuno richiamare il significato dato ad alcuni termini.

Industrializzazione dell'edilizia, significa, in senso lato, il processo di trasformazione strutturale che ha subito con l'industrialismo il settore edilizio a tutti i livelli di attività.

Edilizia industriale, indica una destinazione d'uso, cioè le opere edilizie destinate alle attività industriali di qualsiasi genere (capannoni, fabbriche, officine, impianti, ecc.).

Industria edilizia, è l'apparato costituito dalle imprese costruttrici di opere edilizie e dalle aziende produttrici di «materiali» per l'edilizia.

Edilizia industrializzata, è un qualsiasi organismo edilizio od opera infrastrutturale realizzata con procedimenti industrializzati.

Procedimento industrializzato per l'edilizia, sta a significare un qualsiasi processo costruttivo basato sulla meccanizzazione e l'organizzazione programmata (nel loro più ampio significato) per realizzare organismi edilizi od opere infrastrutturali con una produzione di tipo seriale di elementi di fabbrica o elementi costruttivi funzionali integrabili. Un procedimento industrializzato comprende sempre operazioni in officina e cantieristiche.

Prefabbricazione, sta ad indicare la realizzazione in officina o a pie d'opera di elementi costruttivi funzionali. L'uso di prefabbricati non implica necessariamente una industrializzazione del processo costruttivo. D'altra parte la realizzazione di un organismo edilizio, per risultare industrializzata, non richiede necessariamente la prefabbricazione (ad esempio l'industrializzazione dei getti). La prefabbricazione è un metodo operativo cantieristico a cui si è fatto ricorso da tempi remoti, particolarmente diffuso oggi per la razionalizzazione del cantiere tradizionale (vedi ad esempio le opere di Pier Luigi Nervi; recenti realizzazioni di viadotti autostradali e ferroviari). La prefabbricazione rientra nei processi industrializzati quando si è in presenza di una produzione di tipo seriale. Vedi Tavv. 111,112.

Produzione di serie, in questo termine rientrano:
— la produzione per «serie icastica»: riproduzione da modelli fisici, con cui si identifica, per consuetudine, il concetto di produzione in serie;
— la produzione per «serie analogica»: riproduzione di oggetti da linee operative capaci di apportare variazioni — anche dimensionali — agli oggetti da produrre al variare delle informazioni che le governano.

La produzione di serie di elementi costruttivi per l'edilizia, pur nei significati soprariportati, si differenzia in molti casi nei criteri e nei modi da quella tipica dell'industria meccanica.

L'edilizia industrializzata è essenzialmente caratterizzata dai procedimenti industrializzati, cioè procedimenti basati su elementi di fabbrica od elementi costruttivi funzionali prodotti in serie al fine di realizzare opere edilizie rapidamente e riducendo al massimo le operazioni nel cantiere (al limite solo operazioni di montaggio). Ovviamente affinché si possa ottenere

una edilizia industrializzata occorrono una struttura economico-organizzativa adeguata e metodologie progettuali ed esecutive appropriate. L'applicazione e l'estendersi dell'edilizia industrializzata dipendono da molteplici fattori, in particolare dal contesto socio-economico in cui si opera. Infatti in base al contesto in cui si opera non è detto che l'introduzione dell'edilizia industrializzata comporti sempre dei vantaggi sul piano sociale ed economico; ad esempio potrebbe non essere conveniente in determinate condizioni ai fini della piena occupazione, oppure, se fraintesa, potrebbe far scadere la casa a bene «consumistico», come l'automobile.

Attualmente i procedimenti industrializzati non possono essere considerati come sostitutivi di quelli tradizionali; i due tipi di procedimento debbono coesistere e possono costituire soluzione alternativa l'uno dell'altro a seconda della situazione contestuale.

Volendo indagare sulle ragioni che hanno condotto all'« edilizia industrializzata», cioè conoscere come e perché il processo di industrializzazione abbia finito per investire direttamente l'organismo edilizio (non più oggetto unico ma ripetibile serialmente) non è certo sufficiente analizzare gli aspetti puramente tecnologici. Il progresso tecnologico è stato senza meno un fattore importante ma non il solo, in quanto l'edilizia industrializzata va vista nel contesto più ampio della trasformazione strutturale che ha subito il settore edilizio dalla metà del XIX secolo ad oggi.

Un'analisi storica relativa all'edilizia industrializzata non può prescindere dal considerare al tempo stesso gli aspetti socio-economici, scientifici, culturali, ideologici, oltre a quelli prettamente tecnologici e industriali, che hanno caratterizzato e caratterizzano la trasformazione dal settore edilizio sotto la spinta dell'industrialismo e richiede quindi un'ampia e approfondita trattazione, che non troverebbe spazio adeguato nel presente volume. In questa sede ci si limita a quei richiami indispensabili per dare una indicazione sull'andamento e su alcuni aspetti del processo di trasformazione (vedi pag. 64 e Tavv. 106, 107, 108, 109, 110, 157, 158).

Tornando a considerare gli aspetti operativi connessi con l'edilizia industrializzata, attualmente due sono i modi di produzione adottati: *a ciclo chiuso, a ciclo aperto.*

Ciclo in questo caso si riferisce al modo di utilizzare, sia sul piano tecnico che economico, i componenti industrializzati.

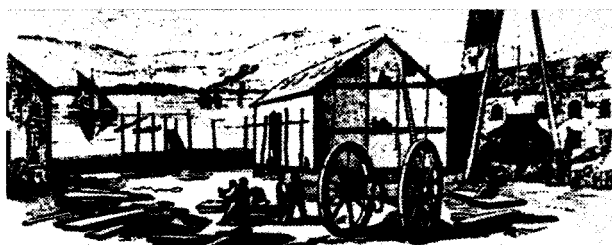



Fig. 131. Casa prefabbricata per i cercatori d'oro della California (1849).

Fig. 132. Padiglione prefabbricato in ferro (1851).

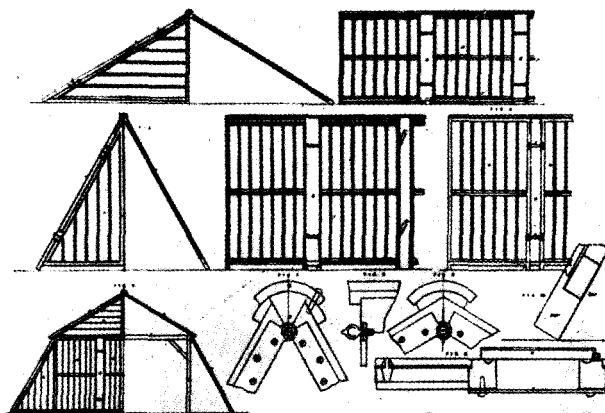



Fig. 133. Costruzione prefabbricata in ferro e vetro smontabile brevettata da Paxton (1858).

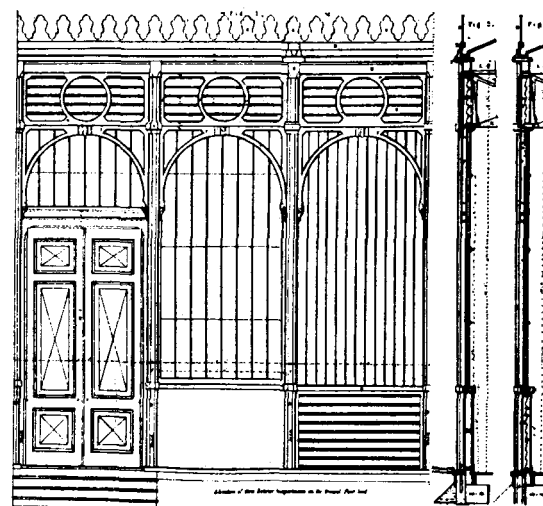



Fig. **134.** Pannello di facciata standard del Palazzo di Cristallo, Paxton (1850).

EDILIZIA INDUSTRIALIZZATA A CICLO CHIUSO

Si basa sul *principio di produrre specifici organismi edilizi:* si progetta un determinato tipo di edificio (ad esempio, un tipo di abitazione, un tipo di scuola, ecc.) in modo che ciascun elemento costruttivo funzionale (in genere di tipo *complesso)* possa essere prodotto serialmente in officina e quindi montato unitamente agli altri nel cantiere. In pratica si scompone l'organismo da produrre in parti (componenti industrializzati) coordinate dimensionalmente e capaci di connessione soltanto per ottenere quel determinato tipo edilizio; la messa a.punto dei componenti industrializzati si effettua su prototipo dell'intero edificio o di trance dell'edificio stesso. I componenti industrializzati essendo legati ad uno specifico tipo di organismo sono utilizzabili soltanto nell'ambito della sua produzione; da qui la definizione di edilizia industrializzata a *ciclo chiuso.*

I limiti di un tal modo di produzione consistono:
— nel richiedere la produzione di una ben determinata quantità di edifici o di unità abitative dello stesso tipo (da vendere in genere «chiavi in mano») per la convenienza economica di impianto e di conduzione imprenditoriale;
— nell'escludere la possibilità di aprire il mercato ai componenti industrializzati per essere applicati in altri tipi e categorie di edifici;
— nel condurre ad una cristallizzazione dei tipi edilizi, dovuta alla convenienza puramente economica implicita nelle esigenze di produzione di cui al primo punto;
— nel condizionare (per non dire obbligare) la programmazione degli interventi a livello pubblico a prevedere commesse di entità tale da rendere vitali le aziende produttrici e costantemente riferite ai tipi edilizi a queste congeniali, sempre in relazione alle esigenze di cui al primo punto;
— nel favorire, dati i notevoli costi di impianto, le grandi imprese rispetto alle medie e piccole, a meno che queste non si associno sotto forma di consorzi o cooperative.

I vantaggi, che si sono rivelati sul piano quantitativo e in genere non su quello qualitativo in termini di architettura e urbanistica, sono rappresentati dal poter realizzare, in particolari condizioni contestuali, massicci interventi edilizi per far fronte rapidamente ad un improvviso ed eccezionale aumento della do-

The Herford

HERE is a cleanly designed, substantial and altogether good-looking dwelling. There is not one foot of surplus lumber or timber, and yet the result presented is pleasing and wholesome.

The Herford will accommodate a very large family, there being four bed rooms and bath on the second floor. And the living room and dining room are proportioned to the needs of a large family.

Every feature of this design will be found to come under our plea for "modern, sanitary and attractive" workmen's homes. And every feature is planned at the same time to hold down the cost The Charleroi Gas Coal Co., the Lincoln Gas Coal Co., and the Roanoke Mills Co. are among the many corporations who have found housing satisfaction by the use of the Herford

The house requires but a 20x24 foot foundation and will take but a 25 foot lot. No expensive embellishments are to be observed. A broad porch with the simple belt running around the middle of the sidewalls relieve what might be extreme plainness

No lower unit cost per person can be secured than is possible in constructing this house.

Price list attached gives our cost on this house.

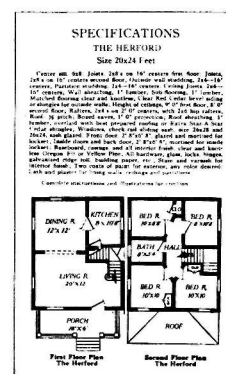
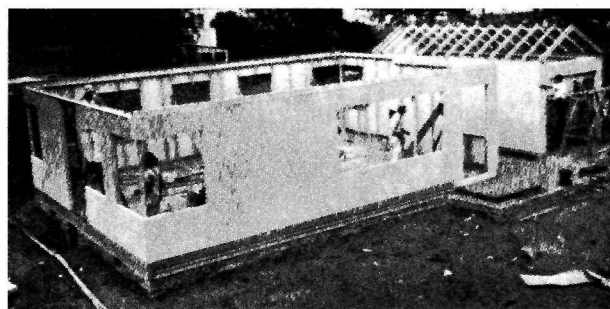



Fig. 135. Pubblicità di una ditta americana produttrice a catalogo di case prefabbricate in elementi di legno venduti al committente che provvede al montaggio (1920).

Figg. 136-137. Casa in legno prefabbricata a catalogo (ciclo chiuso) e venduta «chiavi in mano».

manda del bene edilizio. In effetti l'edilizia industrializzata a ciclo chiuso ha trovato una sua giustificazione nel dopoguerra, specie in Francia e in Russia, per rispondere in modo tempestivo alla crescente richiesta di alloggi e servizi collettivi dovuti sia alla necessità della ricostruzione, sia alle migliorate condizioni socio-economiche, sia al fenomeno del rapido inurbamento delle zone industriali (vedi fig. 138).

I procedimenti del'edilizia industrializzata a ciclo chiuso hanno seguito due indirizzi: *trasferimento in officina dei cicli di lavorazione tipici del cantiere tradizionale; trasferimento nella produzione edilizia dei criteri dell'industria meccanica.*

Nel primo indirizzo ha avuto un ruolo significativo la prefabbricazione in c.a. sotto forma di pannelli-parete, di pilastri e travi realizzati in officina con collegamenti «bagnati» (giunti in calcestruzzo) o meccanici (unioni con piastre bullonate, ecc.) e infine di cellule spaziali scatolari accatastabili, dando luogo alle *apparecchiature costruttive prefabbricate piane, piano-lineari, spaziali e spazio-lineari* sotto la denominazione elementare, ma impropria, di *prefabbricazione pesante.*

Nel secondo indirizzo hanno avuto un ruolo determinante le aziende produttrici di carpenterie metalliche, di infissi metallici ed anche l'industria automobilistica; cioè si è inteso estendere il metodo del preassemblaggio proprio dell'ossatura metallica e dei serramenti a tutto l'organismo edilizio, producendo così un oggetto smontato, completo in ogni sua parte, da ricomporre in sito con semplici operazioni meccaniche. Da qui a considerare l'edificio alla stregua di un'automobile il passo è stato breve, tanto da far prospettare la possibilità di realizzare, ad esempio, alloggi sul modello della produzione per auto: hanno avuto così origine le mobile-houses. Oggetti edilizi al momento ibridi in quanto nell'acquisire i caratteri « razionali» del prodotto industriale hanno perso quegli attributi «umani» che sempre si ricercano nella «casa», come ambiente di vita (ved. Tav. 154).

Nell'ambito di questo secondo indirizzo si è manifestata la cosidetta *prefabbricazione leggera* attraverso la produzione sia di apparecchiature costruttive *piano-lineari* con scheletri portanti in acciaio o in alluminio, con chiusure verticali tipo courtain-walls e con partizioni interne spostabili, sia di apparecchiature costruttive *spaziali* o formate da *cellule spaziali portate* in materiali metallici e in materie plastiche.

L'edilizia industrializzata a ciclo chiuso ha trovato un modo di realizzazione anche nei procedimenti basati sull'*industrializzazione dei getti:* anziché prefabbricare gli elementi costruttivi funzionali, si producono in officina casseforme piane o spaziali (a tunnel) che costituiscono le matrici standards del tipo di edificio o di opera da realizzare con getti di calcestruzzo. In questo caso è il cantiere ad organizzarsi a livello di officina industriale attraverso un elevato grado di meccanizzazione. Con questo procedimento si ottengono apparecchiature costruttive *piane,* conseguenti alla sovrapposizione di casseforme. Vedi Tavv. 119 e 120.

L'industrializzazione dei getti può essere effettuata anche con cassaforme gonfiabili per realizzare organismi ad «involucro globale» (vedi Tav. 121).

In sintesi, *edilizia industrializzata a ciclo chiuso significa produrre predeterminati tipi edilizi (univocità del modello) mediante prefabbricazione di serie in officina degli elementi costruttivi funzionali o mediante l'industrializzazione dei getti.*

Fig. 138. Edilizia industrializzata in Francia.

EDILIZIA INDUSTRIALIZZATA A CICLO APERTO

Si basa sul principio di *produrre elementi costruttivi funzionali* (componenti industrializzati) *polivalenti,* cioè tali da poter essere utilizzati per la realizzazione di organismi edilizi di diverso tipo e categoria.

Anche in questo caso si passa attraverso una scomposizione in parti dell'organismo da produrre serialmente in officina o mediante l'industrializzazione dei getti, con il criterio, però, di non dover passare attraverso la preventiva progettazione di uno specifico tipo di edificio, come nel caso del ciclo chiuso. Si effettua una operazione metaprogettuale che, attraverso l'individuazione di parametri coordinanti e di specifiche capacità prestazionali, consente di introdurre sul mercato edilizio componenti industrializzati da utilizzare nella progettazione e costruzione di tipi edilizi, nella gamma più ampia possibile, anche appartenenti a categorie differenti.

Per tale ragione si dice edilizia industrializzata a *ciclo aperto:* non si pongono in commercio edifici, ma componenti industrializzati per costruire edifici. In questo senso l'edilizia industrializzata a ciclo aperto viene anche detta «fabbricazione per componenti».

Con il ciclo aperto si perseguono le seguenti finalità:

— conseguire una maggiore penetrazione su! mercato edilizio del prodotto (componenti industrializzati) per le ampie possibilità di scelta offerte agli utilizzatori;

— avere una reale flessibilità sulla « lunghezza » della serie del prodotto, in quanto non vi sarebbe più la soggezione a valori minimi di intervento per unità edilizia dello stesso tipo;

— consentire una organizzazione più articolata alle aziende produttrici di componenti, non al solo livello delle grandi, ma soprattutto delle medie e piccole;

— limitare i costi di impianto attraverso la creazione di aziende produttrici specializzate per componente;

— inserire nel processo di industrializzazione le piccole e medie imprese costruttrici, promuovendo anche una conversione di quelle organizzate su modelli tradizionali;

— consentire una programmazione degli interventi consapevole delle esigenze economico-produttive senza però l'obbligo di adottare tipi di edificio predeterminati;

— dare una effettiva libertà progettuale dell'organismo a livello architettonico-urbanistico e soprattutto

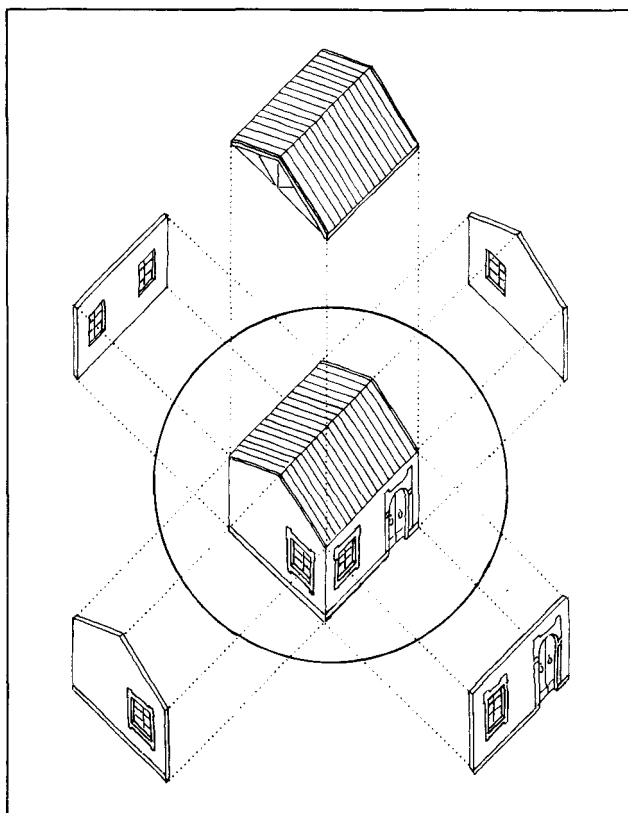
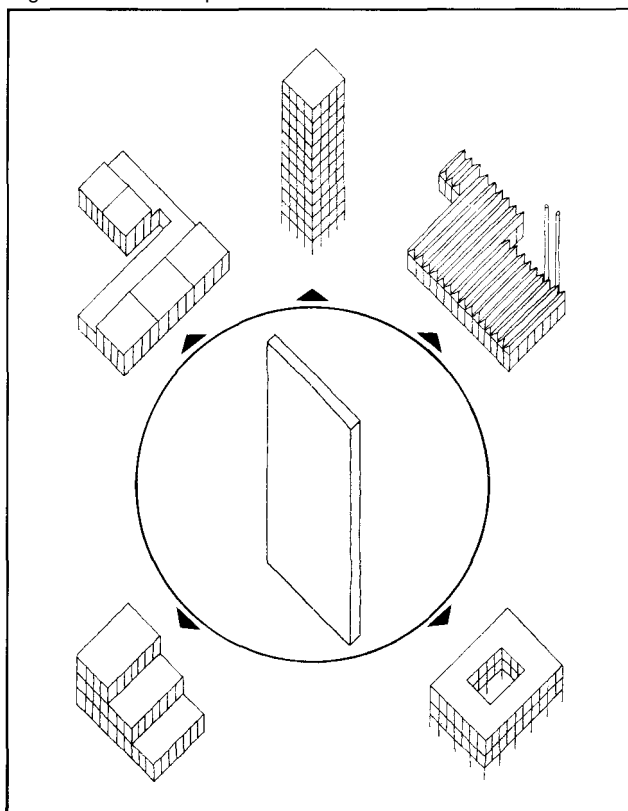



Fig. 139. «Ciclo chiuso».

Fig. 140. «Ciclo aperto».

dare la possibilità della costante verifica e dell'aggiornamento dei modelli abitativi.

Il porre in atto una edilizia industrializzata a ciclo aperto richiede che si verifichino precise condizioni sia a livello programmatico (enti pubblici) sia a livello produttivo (aziende produttrici di componenti) sia a livello progettuale; cioè è necessario un certo periodo per determinare un coordinamento operativo tra i protagonisti del processo edilizio.

Fattore determinante per rendere possibile l'integrazione dei componenti industrializzati, pure al variare dei tipi edilizi in cui possono essere inseriti, è il coordinamento dimensionale su basi modulari (modulo-misura o modulo-oggetto).

A livello di enti pubblici, ai fini di una edilizia industrializzata a ciclo aperto, è necessario che siano emanate delle norme per il coordinamento dimensionale su basi modulari e le norme sulle capacità di prestazione relative all'uso e all'applicabilità dei componenti industrializzati; inoltre gli enti pubblici devono promuovere ricerche specifiche sulla integrabilità dei componenti e predisporre progettazioni e interventi pilota, anche per indirizzare quantitativamente e qualitativamente la produzione dei componenti.

A livello della produzione, l'edilizia industrializzata a ciclo aperto comporta iniziative coordinate tra produttori e imprenditori per l'immissione sul mercato di componenti industrializzati, modulari e integrabili, relativi alla gamma degli elementi di fabbrica necessari per la realizzazione di organismi di differente tipo e categoria. In particolare si devono studiare gli aspetti tecnici relativi all'«accoppiabilità».

A livello progettuale è indispensabile l'applicazione di metodologie basate sul coordinamento dimensionale modulare, sia a livello di componente industrializzato che di organismo edilizio, tali da consentire l'integrabilità dei componenti. Inoltre è necessario effettuare, ai fini della «combinabilità» ed «accoppiabilità» dei componenti industrializzati, una analisi che, tenendo conto delle esigenze sia tecnologiche della produzione sia abitative dell'utenza, consenta di definire i termini di correlazione che sussistono tra i componenti di ciascun elemento di fabbrica, tra componenti di elementi di fabbrica diversi, nonché tra i componenti e gli impianti.

Infine, nell'ambito progettuale, si debbono individuare per le varie destinazioni d'uso dell'organismo edilizio modelli abitativi «aperti», cioè implicitamente dotati di una flessibilità formale, costruttiva e d'uso,

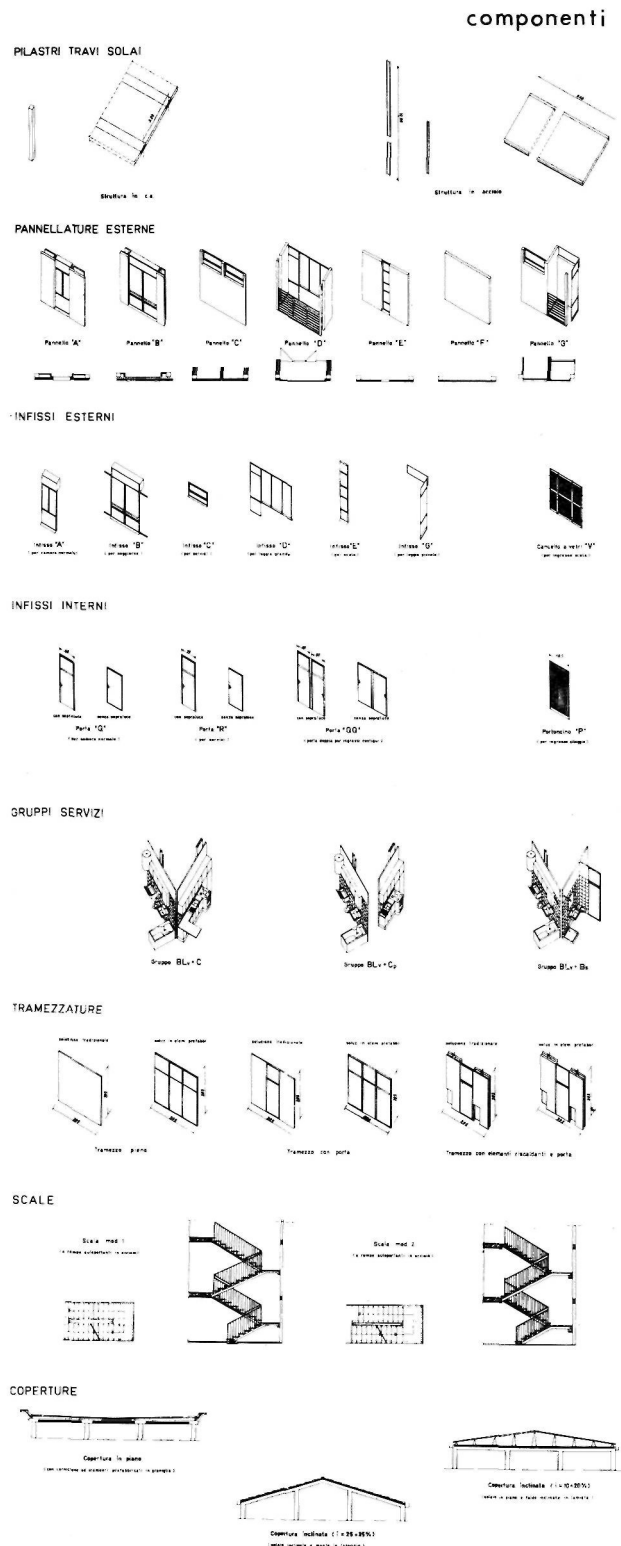



Fig. 141. Approccio metaprogettuale indirizzato al «ciclo aperto» per l'attuazione di un programma di edilizia economica e popolare: abbaco dei componenti.

soprattutto al fine di non scadere in una semplice operazione di «collage» che annulli qualsiasi valore architettonico e urbanistico.

L'edilizia industrializzata a ciclo aperto ha iniziato a diffondersi dopo gli anni '50 specialmente in Inghilterra, attraverso consorzi di ditte produttrici di diversi elementi costruttivi e l'azione promozionale di enti pubblici e associazioni, come la «Modular Society», ma si è sviluppata soprattutto quando è stato fissato a livello europeo il modulo base internazionale (1M = 10 cm).

I primi esempi di produzione su basi modulari sono rintracciabili essenzialmente in aziende che ponevano in commercio scheletri portanti e quindi avevano necessità che il loro prodotto si coordinasse con gli altri elementi costruttivi funzionali, specie letamponature, e in ditte produttrici di chiusure verticali complete (ad esempio: i courtains walls) o di pareti spostabili per un impiego in diverse soluzioni di ossatura portante e di conformazione degli spazi.

Anche per l'edilizia industrializzata a ciclo aperto è possibile l'industrializzazione dei getti, in questo caso le matrici, cioè le casseforme, dovranno essere in coordinamento dimensionale modulare e consentire P«accoppiabilità» con più tipi di componenti degli altri elementi di fabbrica (in particolare chiusure verticali e partizioni interne).

Ovviamente anche con il ciclo aperto si possono avere apparecchiature costruttive *piane, piano-lineari, spazio-lineari,* e *spaziali.*

La realizzazione di edifici «chiavi in mano», cioè completi e pronti per l'entrata in esercizio senza ulteriori opere integrative (ad es. scuole complete di sistemazioni esterne e di arredi), non è conseguibile soltanto con la produzione a ciclo chiuso, ma è possibile anche per quella a ciclo aperto; in questo caso il coordinamento esecutivo tra le ditte produttrici dei componenti verrà effettuato direttamente dall'impresa appaltatrice anche di media o piccola potenzialità.

Come si è detto in precedenza, i componenti industrializzati sono frutto di un'azione metaprogettuale che si avvale di metodologie tipiche dell'« industriai design».

In sintesi, *edilizia industrializzata a ciclo aperto* (fabbricazione per componenti) *significa realizzare organismi edilizi mediante procedimenti industrializzati, in officina o in cantiere, di elementi di fabbrica o componenti, in coordinamento dimensionale modulare, non legati a priori a particolari tipi edilizi.*

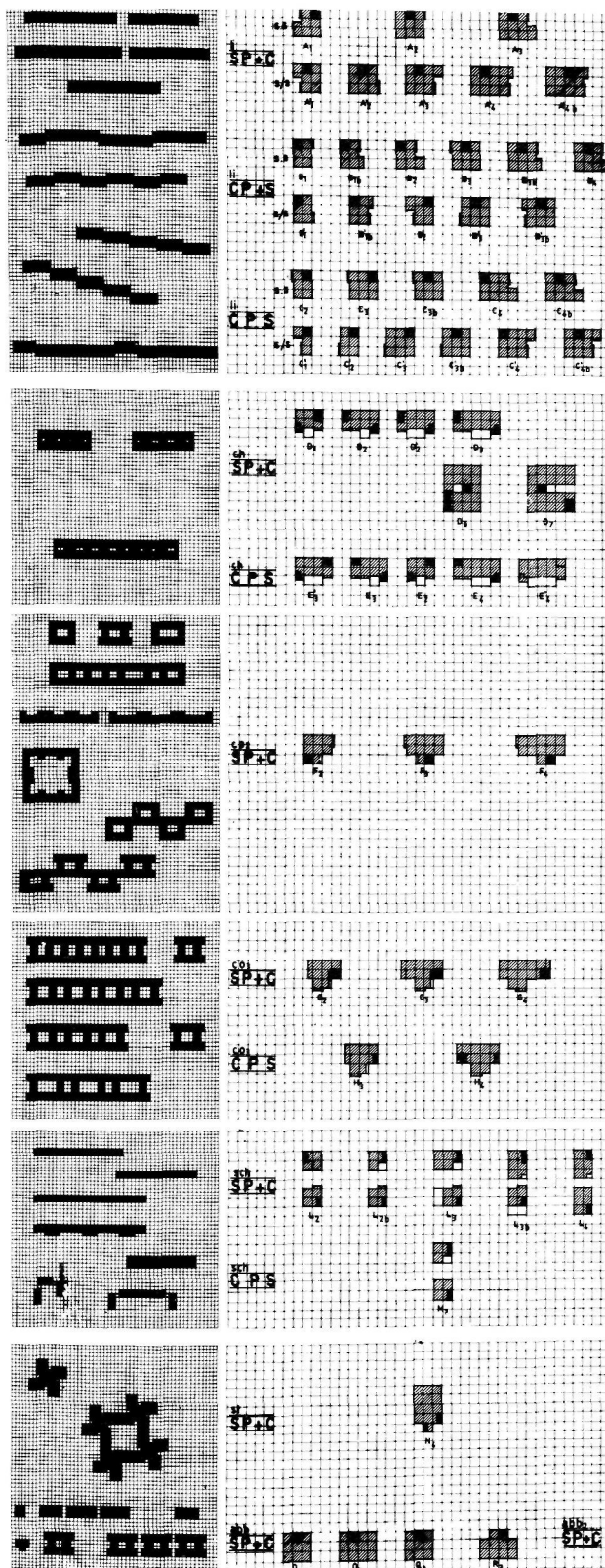



Fig. 142. I tipi edilizi (con relative aggregazioni) e i tipi di alloggio ottenibili con i componenti della fig. 141 (studio C.P.A., Roma 1960).

SITUAZIONE ATTUALE

L'edilizia industrializzata a ciclo chiuso ha preceduto nel tempo quella a ciclo aperto, ma è ormai indiscutibile che questa rappresenti una delle vie che dovrà percorrere l'edilizia industrializzata nelle sue complesse fasi di sviluppo e strutturazione. Infatti l'aver delineato e approfondito il recupero di ampie libertà sul piano produttivo, cantieristico e, soprattutto, progettuale rispetto ai procedimenti a ciclo chiuso, le esperienze e i risultati positivi ottenuti in diversi Paesi, sono elementi tutti che hanno dimostrato la validità della «fabbricazione per componenti».

Attualmente si è in fase di transizione.

Da una parte i procedimenti a ciclo chiuso tendono ad «aprirsi»: considerato che ciascun procedimento implica comunque un coordinamento dimensionale «interno», si è vista la convenienza di effettuarlo secondo il modulo base concordato internazionalmente in modo da conseguire una eventuale intercambiabilità con altri procedimenti e, al tempo stesso, di allargare così la gamma delle «varianti» nell'ambito dei tipi edilizi prodotti.

D'altra parte l'edilizia industrializzata a ciclo aperto, in attesa di un effettivo coordinamento della produzione su scala nazionale ed europea, è orientata o sulla produzione di singoli tipi di componente che abbiano sufficienti gradi di libertà per poter essere impiegati in più procedimenti industrializzati e tradizionali, o sulla produzione coordinata da parte di più ditte produttrici di componenti modulari polivalenti applicabili, secondo reticoli modulari preferenziali, nella realizzazione di uno o più tipi edilizi della stessa categoria o di categorie diverse: cioè trova un limite oggettivo alla sua completa «apertura».

Oggi si tende a verificare, sia nel campo della produzione e del cantiere sia nel campo della progettazione, le possibilità che offre la «fabbricazione per componenti» (ciclo aperto) al fine di:

— individuare nel quadro di sviluppo dell'industrializzazione edilizia le reali possibilità di un'immissione sul mercato edilizio di elementi costruttivi di serie in qualità di «componenti» con sostanziali gradi di «combinabilità» e «accoppiabilità»;

— prospettare una metodologia progettuale su una corretta applicazione dei componenti industrializzati.

In ordine a quest'ultimo punto si ritiene opportuno

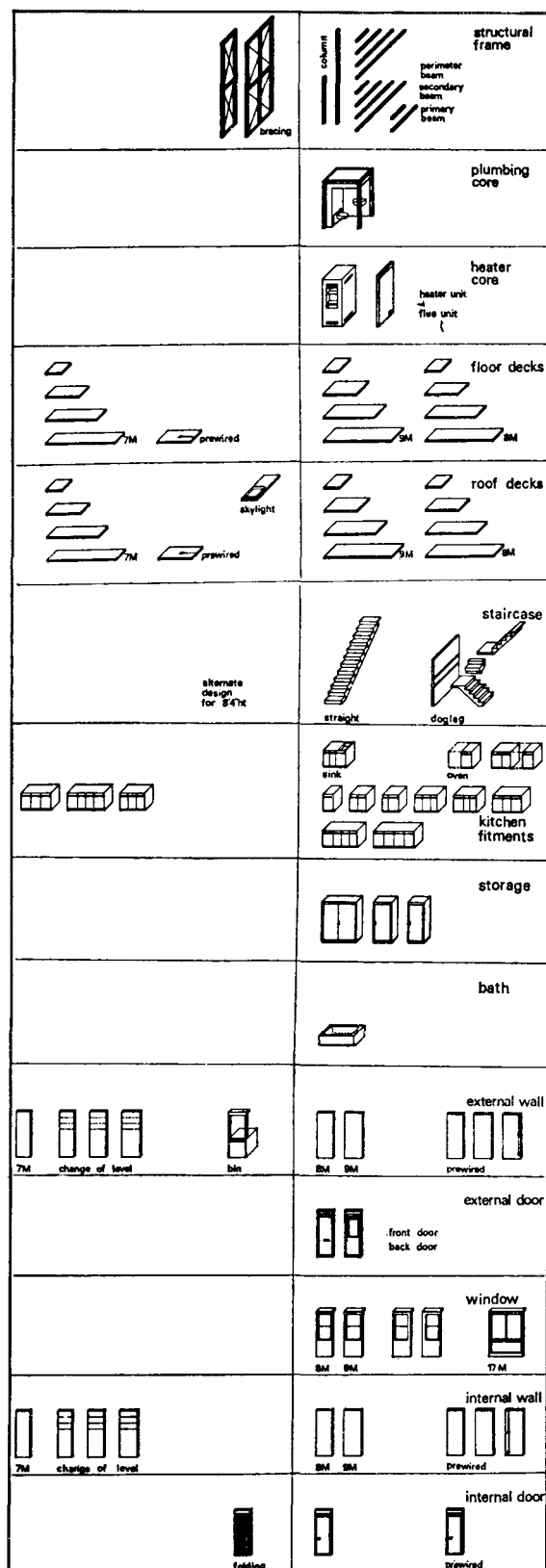



Fig. 143. Esempio di un abbaco di componenti per edilizia industrializzata a ciclo aperto secondo G. M. Oliveri.

accennare sinteticamente ai problemi relativi alla «modulazione», all'«accoppiabilità» e ad altre capacità di prestazione dei componenti industrializzati.

A complemento di quanto detto vedi per i procedimenti industrializzati da Tav. 113 a Tav. 121 e per i componenti industrializzati da Tav. 133 a Tav. 137.

Fig. 144. a) apparecchiature costruttive piane; b) piano-lineari; c) spaziali; d) spazio-lineari.

LA MODULAZIONE E I COMPONENTI

Modulo in edilizia sta ad indicare la scelta di un parametro, o unità di grandezza, come riferimento per determinare il coordinamento dimensionale delle parti di un organismo architettonico.

L'uso esplicito del modulo ha origini antiche (sin dal periodo greco e romano) ed è ricorrente nella storia dell'architettura in vari momenti per obiettive ragioni culturali e tecniche che tendono a razionalizzare e ad ordinare le cose, specie per determinare un rapporto armonico tra le parti (periodo greco-romano, periodo rinascimentale, periodo razionalista, in particolare il «modulor» proposto e applicato da Le Corbusier).

Rimandando per un'analisi storica ai testi specializzati, in questa sede si accennerà essenzialmente alla modulazione ai fini dell'edilizia industrializzata a ciclo aperto; si sottolinea che i principi modulari esposti sono applicabili anche all'interno di un procedimento a ciclo chiuso e che comunque devono rappresentare soltanto uno strumento nell'ambito della progettazione, senza limitarne i contenuti e il risultato in termini architettonici.

L'unità di grandezza per il coordinamento dimensionale può essere lineare o tridimensionale; nel primo caso si ha il *modulo-misura,* nel secondo il *modulo-oggetto.*

Fig. 145. Il «modulor» di Le Corbusier.

IL MODULO-MISURA

Si assume per convenzione un'unità di misura lineare, *modulo-base,* per il coordinamento dimensio-

naie dei componenti industrializzati, che avranno dimensioni con valori sottomultipli, pari o multipli del modulo-base per risultare inseribili in organismi edilizi progettati secondo *parametri di riferimento impostati sul medesimo modulo-base.*

Per convenzione internazionale è stato adottato come MODULO-BASE 1 dm = 1M dalle nazioni aderenti all'OECE e da altre esterne all'organizzazione, a seguito di ricerche specifiche a partire dal 1953 e in relazione sia all'accordo di Monaco del 1955 sia ai principi normativi emersi nel Deuxieme Rapport — Project AEP 174,1961, « la coordination modulaire».

Il modulo-base internazionale prescelto è di entità tale da determinare una conveniente e facile correlazione tra le dimensioni modulari dei componenti e i parametri di riferimento modulare applicati nella progettazione dell'organismo edilizio; inoltre è sufficientemente piccolo per far rientrare nei suoi multipli le varie dimensioni che offre la gamma industriale di elementi costruttivi e per consentire il passaggio, l'accrescimento, da una dimensione modulare alla seguente con intervalli limitati sia per il componente sia per l'organismo progettato (con il modulo-base 1M = 1 dm infatti non vi è la stretta necessità di contemplare valori sottomultipli).

Il modulo-base internazionale corrisponde ad un numero intero per avere un rapporto semplice con il sistema metrico decimale cui si riferisce ed eliminare così nelle dimensioni modulari del componente parti frazionate.

Infine con il modulo 1M non si trascurano le piccole entità modulari normalmente presenti nelle opere edilizie, come, ad esempio, lo spessore di tramezzi, strati di chiusure verticali e orizzontali.

In sostanza si determina una correlazione tra le dimensioni modulari che deve possedere il componente industrializzato e i parametri di riferimento da adottare nel progettare l'organismo.

Correlazione *diretta* in caso di ciclo chiuso, in quanto i componenti industrializzati sono le parti di «quel» determinato prototipo di edificio, cioè sono noti a priori i riferimenti modulari a livello di organismo; correlazione *indiretta* in caso di ciclo aperto, in quanto il componente industrializzato deve poter essere inseribile in edifici da progettare, di cui non è noto il parametro di riferimento modulare.

Nel caso di ciclo aperto, quindi, il componente industrializzato deve essere concepito come inseribile in molteplici parametri modulari di riferimento, al

MODULO BASE : 1M = 100 mm

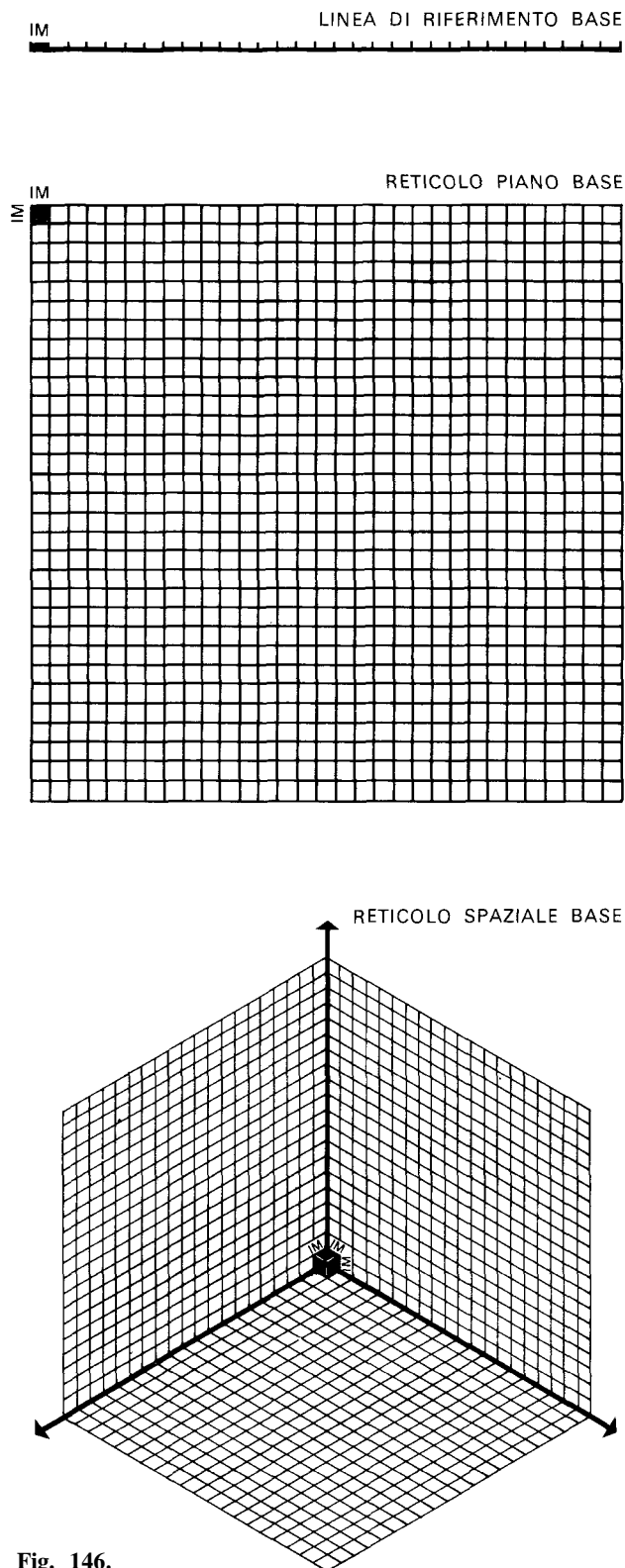



Fig. 146.

limite in tutti gli *intervalli* (entità lineari) *e campi* (entità di superficie) in nM definibili nella progettazione di un organismo edilizio; mentre nella fase progettuale dell'organismo occorre applicare quei parametri di riferimento modulare che consentano di scegliere e utilizzare componenti industrializzati di differenti dimensioni modulari. Nella progettazione dell'organismo edilizio sarebbe quindi opportuno determinare intervalli e campi in numero intero di M.

In riferimento all'edilizia industrializzata a ciclo aperto è evidente come si debbano contemplare due momenti: uno relativo alla progettazione del componente industrializzato, l'altro alla progettazione dell'organismo edilizio.

È da considerare peraltro che quanto si dirà è applicabile in forma semplificata per l'edilizia industrializzata a ciclo chiuso.

Attualmente il modulo-misura si usa secondo i tre assi cartesiani ortogonali e quindi per gli organismi ad involucro scatolare parallelepipedo con apparecchiature costruttive *piane o piano-lineari*, che oggi costituiscono il campo di maggiore applicazione dei procedimenti costruttivi industrializzati.

A maggior chiarimento di quanto si dirà in seguito, si ricorda che la ripetizione lineare del modulo base 1M determina la *linea di riferimento modulare base,* la ripetizione bidirezionale determina il *reticolo piano di riferimento modulare base* e quella tridirezionale (secondo tre assi cartesiani ortogonali) // *reticolo spaziale di riferimento modulare base* (vedi fig. 146).

Scelte multimodulari e combinabilità del componente.

Considerato che nell'ambito del coordinamento dimensionale sia dell'organismo edilizio che del componente si rende necessario per esigenze funzionali, costruttive, formali e produttive, superare la pura e semplice modulazione su base unitaria, si effettuano scelte di parametri *preferenziali* multipli del modulo base.

Quindi scelta*multimodulare* significa assumere in fase progettuale un valore multiplo o una combinazione di valori multipli del modulo base da ripetere linearmente o bidirezionalmente o secondo tutti e tre gli assi cartesiani; in pratica si possono avere i seguenti casi:

SCELTE MULTIMODULARI SEMPLICI

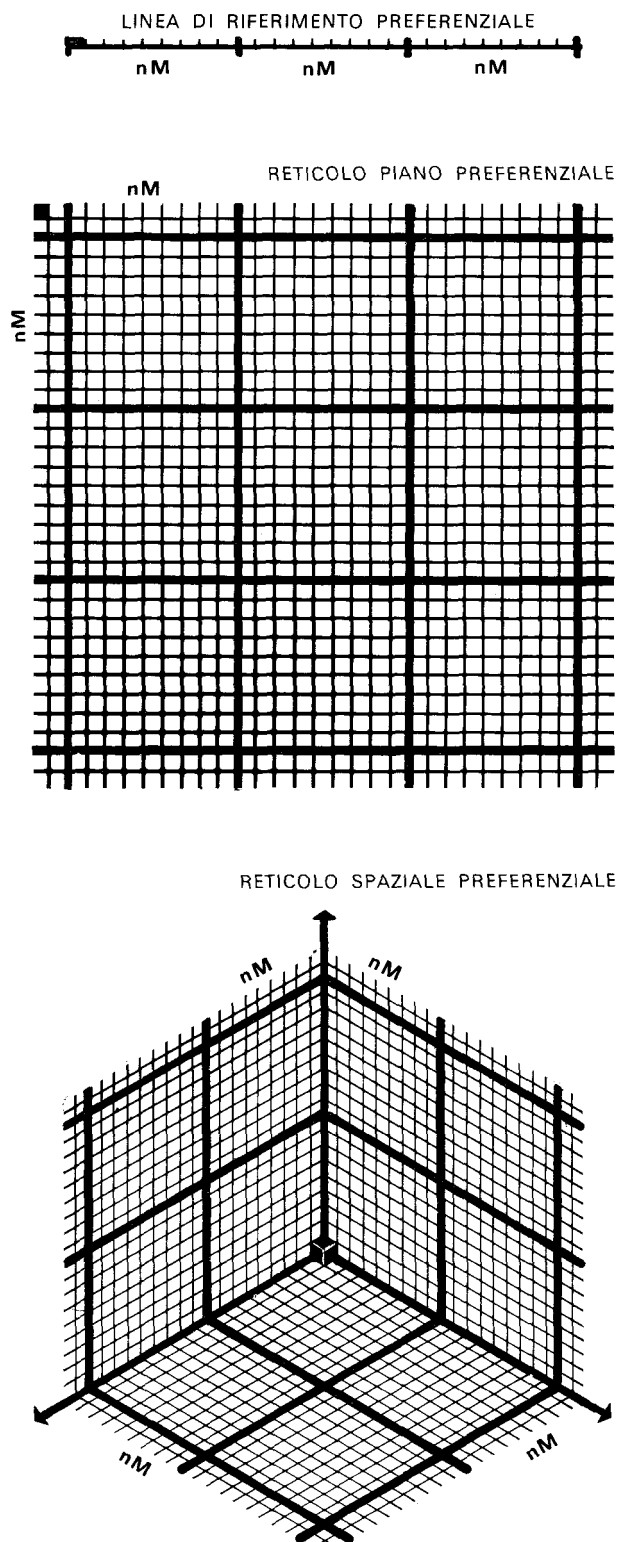



Fig. 147.

— *scelta multimodulare lineare,* cioè determinazione di una *linea di riferimento preferenziale;*
— *scelta multimodulare bidirezionale,* cioè determinazione di un *reticolo piano di riferimento preferenziale;*
— *scelta multimodulare secondo i tre assi ortogonali,* cioè determinazione di un *reticolo spaziale di riferimento preferenziale.* (Vedi fig. 147).

Inoltre le scelte multimodulari possono essere:
— *semplici,* cioè basate su di un unico multimodulo per le lineari e su di un unico reticolo preferenziale *(reticolo fisso)* nel piano e nello spazio;
— *composte,* cioè le linee e i reticoli preferenziali sono impostati sulla combinazione di multimoduli.

Le scelte multimodulari composte possono dare luogo a combinazioni di più reticoli fissi, cioè a*l reticolo scozzese* applicato nella progettazione dell'organismo edilizio (vedi fig. 148 e 153), oppure alla *linea di riferimento o al reticolo variabili,* applicando il sistema detto della « coppia di numeri » (combinazione di progressioni geometriche con una serie di Fibonacci). Il sistema della coppia di numeri è basato sulla relazione:

$$(a-1)x(b-1) = N_c$$

in cui a e b sono valori in nM (primi tra loro) in modo che al di sopra di Ne, *valore critico,* gli incrementi saranno di 1M in 1M (al di sotto del valore critico si avranno dimensioni modulari pari a Nc/2-1); in questo caso la linea o il reticolo di riferimento saranno quelli base (in 1M), in quanto la flessibilità di collocazione del componente è tale da determinare di volta in volta le combinazioni modulari più convenienti, da qui la definizione di linea e reticolo «variabile» (vedi pag. 216 e pag. 218).

Le scelte multimodulari, come si vedrà meglio in seguito, hanno lo scopo:
— nella progettazione dell'organismo edilizio, di organizzare il coordinamento dimensionale dell'organismo stesso ai fini della « collocazione » più congruente dei componenti;
— nella progettazione del componente industrializzato, di conferire a questo un reale grado di *combinabilità.*

Si ricorda che con il termine *combinabilità* si intende la capacità del componente di coordinarsi dimensionalmente per determinare «insiemi assemblati» modulari e correlabili con altri componenti o insiemi assemblati.

SCELTE MULTIMODULARI COMPOSTE

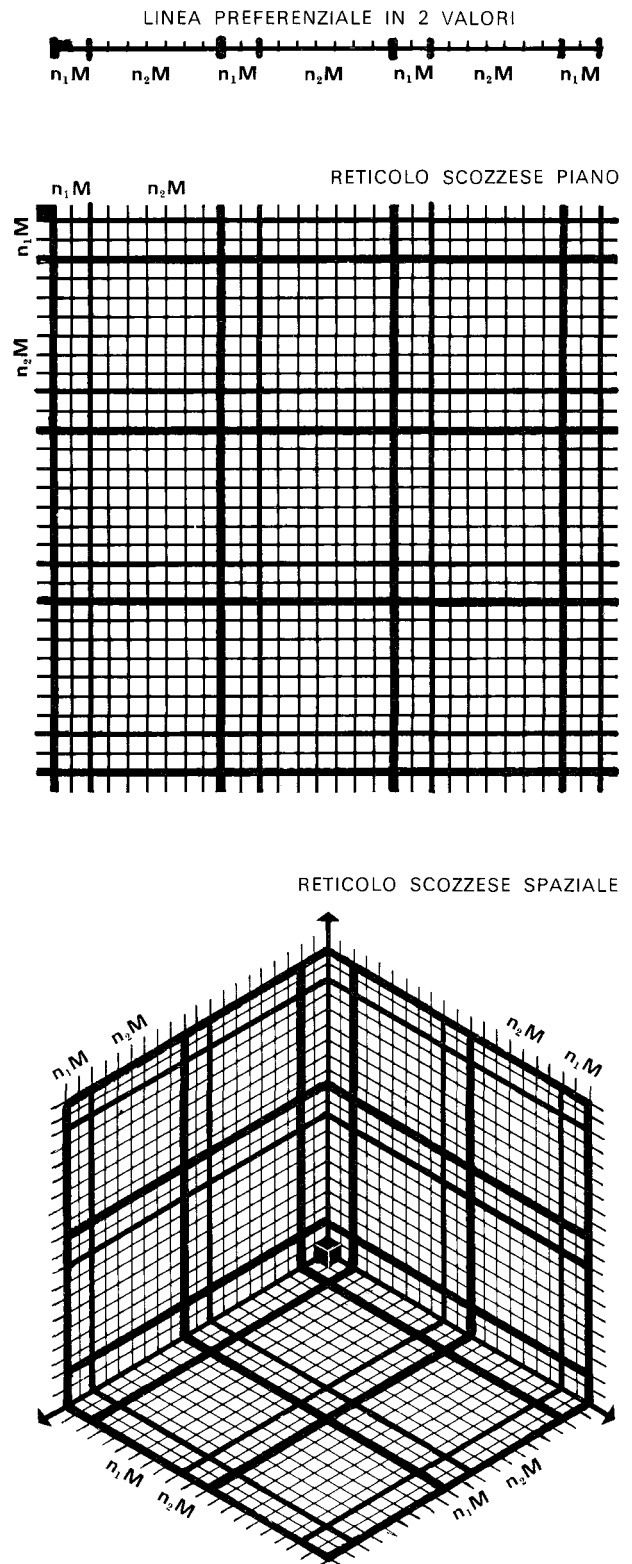



Fig. 148.

Il modulo-misura nel progetto dell'organismo edilizio.

I *parametri di riferimento* sono conseguenti *ascelte multimodulari* effettuate in base alle caratteristiche funzionali e costruttive dell'organismo nella sua articolazione di spazi, nonché in base alle dimensioni statisticamente ricorrenti dei componenti impiegabili.

In pratica nella fase di impostazione dell'organismo edilizio si compiono le scelte multimodulari, semplici o composte, più convenienti per gli obbiettivi da perseguire, cioè si determinano le linee e i reticoli *preferenziali.*

In genere nella progettazione dell'organismo edilizio si adottano molto raramente reticoli spaziali, in quanto non offrono la flessibilità progettuale che si ottiene operando scelte multimodulari preferenziali articolate in *alzato* e in *pianta.*

Le scelte multimodulari lineari *{linee di riferimento preferenziali)* possono essere realizzate sia in alzato che in pianta.

In alzato sono in genere semplici, cioè unico multimodulo (ad esempio 3M o 7M) e più raramente composte, cioè combinazioni di multimoduli (vedi Tav. 142), in quanto si applicano con la finalità di « coprire » le classi di altezza libera di piano che sono prescritte dai regolamenti per le varie categorie edilizie, nonché le classi di altezza interpiano ricorrenti. I multimoduli con maggiore frequenza applicati/'/? *alzato* sono il 3M e il 5M. Il multimodulo 3M «copre» gli intervalli 24M, 27M, 30M, 33M, 36M, che rispondono alle norme sulle altezze libere e sulle altezze interpiano statisticamente più frequenti in Italia; il 5M «copre» gli intervalli 25M, 30M, 35M, 40M ed ha applicazione specie in Inghilterra, (vedifig. 149 e Tav. 122).

Le linee di riferimento preferenziali in pianta si adottano in genere quando la coordinazione modulare non è estesa all'intero organismo (ad esempio modulazione solo per la collocazione dei pannelli facciata), altrimenti data la correlazione spaziale dei vari insiemi assemblati previsti in progetto, confluiscono nei reticoli preferenziali di pianta (in pratica determinati dall'intreccio di linee preferenziali nelle due direzioni ortogonali sul piano).

Lescelte multimodulari in pianta per determinare il reticolo di riferimento preferenziale possono essere semplici (unico multimodulo) o composte cioè combinazioni di più reticoli (reticolo a «tartan» o scozzese) o a reticolo «variabile» in base all'applicazione della «coppia di numeri».

Reticoli spaziali preferenziali, sia semplici che composti, sono raramente applicati, in quanto, come si è già detto, in alzato si determinano classi dimensionali riferite alle altezze libere di piano e/o alle altezze interpiano.

In ultima analisi, una volta effettuate le scelte multimodulari lineari in alzato, nella progettazione dell'edificio-tipo, in caso di ciclo-chiuso, e di un qualsiasi organismo, in caso di ciclo aperto, si ricorre alla definizione di un *reticolo piano di riferimento preferenziale in pianta (reticolo di pianta) fisso,* unico multimodulo (ad esempio: 3M x 3M; 11M x 11M, ecc.) o *variabile* (basato sulla «coppia di numeri»), o*scozzese* (combinazione di reticoli).

I *reticoli preferenziali in pianta fissi* sono costituiti da maglie quadrate, tuttavia quando vi è convenienza per la «collocazione» dei componenti possono risultare generati da un rettangolo aventi i lati dimensionati secondo numeri primi tra loro (ad es. 3Mx5M, 5M x 7M, ecc.) come in fig. 151 b.

I *reticoli preferenziali di pianta fissi* statisticamente più ricorrenti sono 2Mx2M, 3Mx3M, 5Mx5M, 6Mx6M, 7Mx7M, 9Mx9M, 10Mx10M, 11MX11M, 12MX12M.

Si può subito notare che i reticoli sul 6M, 9M e 12M risultano nel 3M; i reticoli sul 6M, 10M e 12M nel 2M, e il reticolo 10M anche nel 5M; in pratica i reticoli di pianta fissi *fondamentali* risulterebbero i seguenti: 2Mx2M; 3Mx3M, 5Mx5M; 7Mx7M; 11MX11M.

I reticoli sul 9Mx9M, 10Mx10M, 11M x11M, 12MX12M e i loro multipli sono riscontrabili con maggior frequenza nell'ambito del ciclo chiuso in quanto direttamente riferiti a dimensioni modulari dì una categoria di componenti considerati determinanti per il procedimento costruttivo (ad esempio: pannelli-facciata); d'altra parte la loro applicazione può essere giustificata anche nel «ciclo aperto» per un riscontro più rapido delle entità in superficie dei vari ambienti e dell'intero organismo, nonché per creare una maglia più « larga » ma che ha implicito un reticolo su un multimodulo inferiore da usare nella fase esecutiva e più dettagliata del progetto (ad esempio: il 9M x 9M sottende il 3M x 3M).

Recenti studi hanno dimostrato che anche il multimodulo deve essere sufficientemente piccolo sia per essere in grado di accogliere componenti in differenti

dimensioni modulari, sia per consentire una maggiore flessibilità nel dimensionamento degli ambienti e nel determinare gli « ingombri » dei componenti; infatti il reticolo che offre una flessibilità progettuale è, ad esempio, il 3Mx3M, che è implicito nei reticoli (e loro multipli) 6M x 6M, 9M x 9M, 12M x 12M e consente di «assorbire» in molti casi costruttivi lo spessore delle tamponature o dei setti portanti o dei pilastri, nonché permette incrementi con un valore sufficientemente piccolo, 30 cm, sia degli ambienti sia degli intervalli e dei campi modulari (vedi fig. 150). Inoltre se combinato con la linea modulare di riferimento *in alzato* sul multimodulo 3M consente di pervenire ad un reticolo di riferimento tridimensionale 3M x3M x3M. Infine consente non soltanto la «collocazione» di componenti impostati su multipli di 3M, ma anche sul 2M, 4M,5M,7M,8M,10M,11M, ecc. ogni qualvolta nella progettazione si determinano intervalli o campi in nM divisibili con tali valori (vedi fig. 151 a).

Questo sta a significare che una volta stabilito un reticolo modulare fisso non è soltanto possibile applicare componenti pari a multipli del multimodulo prescelto, ma anche tutti quelli con misure multimodulari diverse che «coprono» intervalli e campi modulari secondo il multimodulo prescelto. In pratica i componenti utilizzabili sono tutti quelli che hanno valori in nM tali che la loro combinazione o somma copra l'intervallo o il campo progettato (vedi fig. 151 e).

Con il reticolo preferenziale di pianta è importante determinare intervalli e campi modulari che tengano conto dello spessore dei componenti in elevazione; in questo senso si possono adottare quattro soluzioni che possono coesistere nello stesso progetto, e precisamente:

a) *collocare i componenti con l'asse mediano dì base coincidente con una linea del reticolo* (vedi fig. 152 a), con questa soluzione per avere intervalli o campi modulari in nM dopo la collocazione dei componenti è necessario che questi abbiano tutti spessore in nM eguale o pari o dispari, altrimenti si ricorre alla combinazione con altre delle soluzioni che seguono;

b) *collocare i componenti tangenti alle linee del reticolo e all'interno di esso,* con questa soluzione si possono avere due casi: il componente ha spessore in nM inferiore alle dimensioni del lato della maglia del reticolo (vedi fig.152 b); il componente ha spessore in nM pari alla maglia del reticolo (vedi fig. 152 e) come è il caso di chiusure verticali con spessori in 2M e 3 M su reticolo 2M x 2M o 3M x 3M;

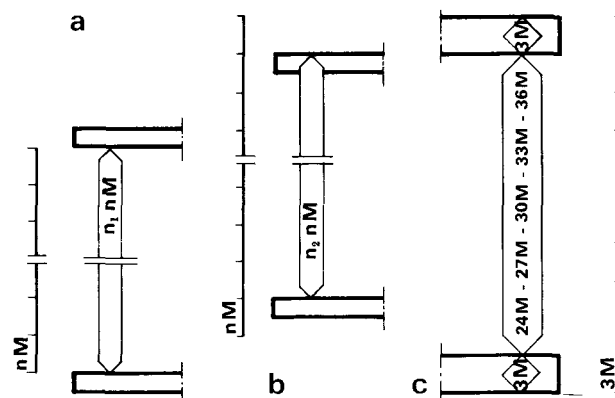



Fig. 149. Scelte multimodulari semplici in alzato: a) linea di riferimento preferenziale per l'altezza libera di piano (spessore chiusura orizzontale «indifferente»; b) idem per altezze interpiano; c) linea di riferimento preferenziale in 3M.

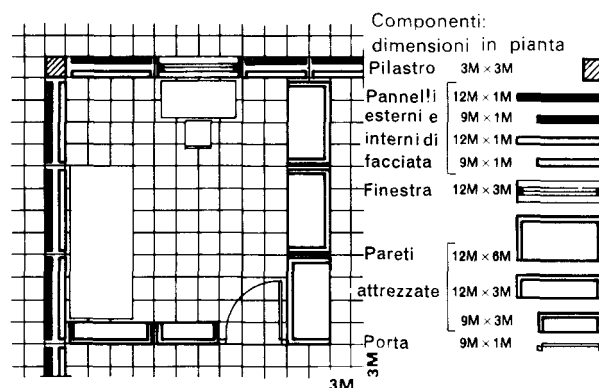



Fig. 150. Esempio di applicazione del reticolo preferenziale «fisso» in 3M x 3IVI.

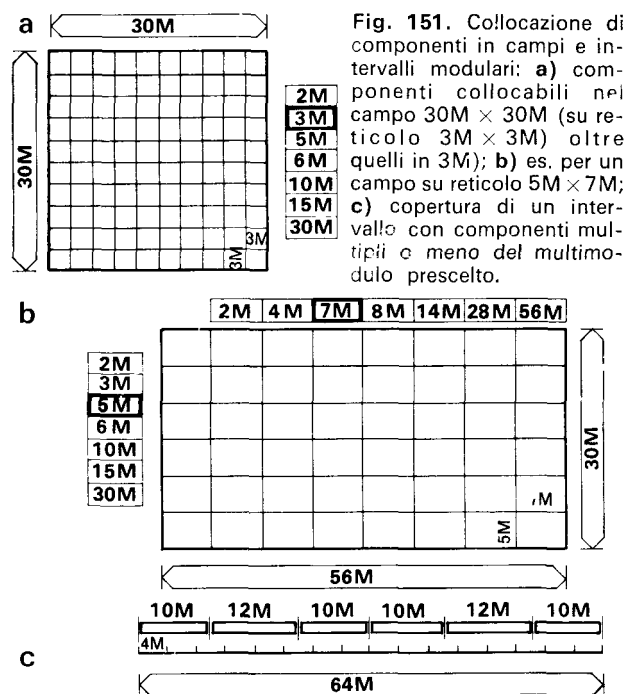



Fig. 151. Collocazione di componenti in campi e intervalli modulari: **a)** componenti collocabili nel campo 30M × 30M (su reticolo 3M × 3M) oltre quelli in 3M); **b)** es. per un campo su reticolo 5M × 7M; **c)** copertura di un intervallo con componenti multipli o meno del multimodulo prescelto.

c) *collocare i componenti tangenti al reticolo, ma esterni a questo,* soluzione che si adotta in particolare per i componenti perimetrali, come gli elementi di chiusure verticali e dello scheletro portante, quando questi non hanno spessore in nM e si vuole ottenere intervalli o campi modulari in nM all'interno del reticolo (vedi fig. 152 d);

d) *collocare i componenti fuori del reticolo,* ad esempio corpo-scala e/o corpo-ascensore indipendente dal corpo di fabbrica principale (vedi fig. 152 e).

Qualora i componenti non abbiano spessore in nM oppure essendo in nM determinano, in rapporto alla maglia del reticolo preferenziale, intervalli e campi non modulari o con frazioni del modulo base è necessario ricorrere ad elementi compensatori.

Il *reticolo scozzese*, cioè combinazione a « tartan » di più reticoli di pianta, si adotta per conseguire una maggiore flessibilità per la «collocazione» dei componenti e si basa sul criterio di assegnare al limite un reticolo di riferimento per ciascuna categoria di componenti impiegati nell'organismo edilizio; in pratica è un reticolo che nasce avendo come fattore principale il montaggio dei vari componenti e quindi i relativi cicli di posa in opera.

Ad esempio, in caso di scheletro portante da lasciare in evidenza, che determina con la sua trama di travi e pilastri i campi delle chiusure verticali e orizzontali, si adotta un primo reticolo di pianta relativo agli assi dei pilastri e delle travi con un valore di nM pari ai lati della proiezione in pianta della maglia dello scheletro (ad esempio: una maglia quadrata 50M x 50M); si applicano poi altri reticoli di riferimento modulari di pianta per gli elementi delle chiusure verticali, delle chiusure orizzontali e delle partizioni interne nei campi determinati col detrarre l'ingombro di nM (fasce modulari) delle travi e dei pilastri dal primo reticolo. Considerando, ad esempio, uno scheletro in acciaio con ingombro in pianta di travi e pilastri nell'ambito del 2M e detraendo questo valore dal reticolo di 50M x 50M sopracitato, si avranno campi di 48M x48M in cui possono essere determinati un reticolo preferenziale di riferimento per i pannelli-facciata e gli elementi resistenti delle chiusure orizzontali, ad esempio in 12M x 12M, un reticolo preferenziale di riferimento per le partizioni interne e gli elementi di controsoffitto, ad esempio in 8M x 8M, un reticolo preferenziale di riferimento per gli elementi di pavimento, ad esempio in 3Mx3M; occorreranno «compensatori » per gli elementi di controsoffitto e di

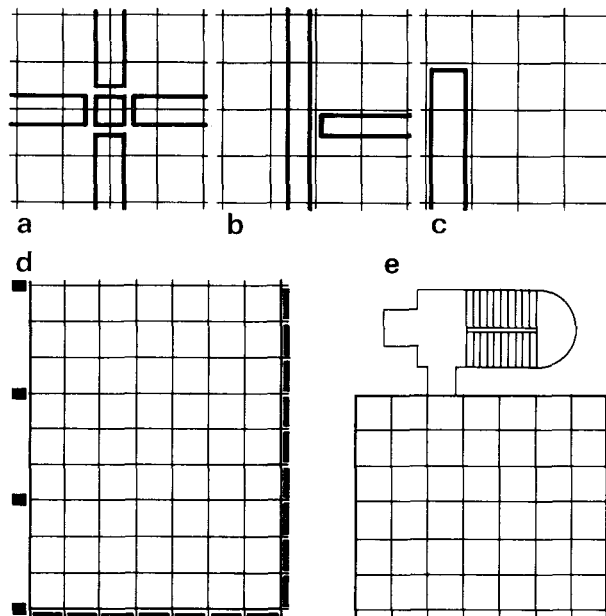



Fig. 152.

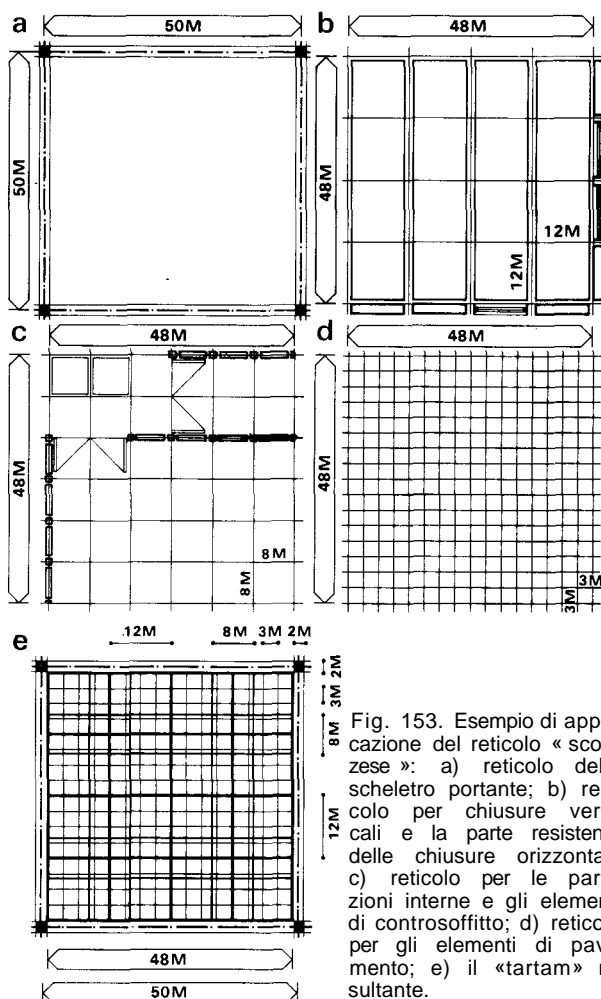



Fig. 153. Esempio di applicazione del reticolo « scozzese »: a) reticolo dello scheletro portante; b) reticolo per chiusure verticali e la parte resistente delle chiusure orizzontali; c) reticolo per le partizioni interne e gli elementi di controsoffitto; d) reticolo per gli elementi di pavimento; e) il «tartam» risultante.

pavimento in corrispondenza delle fasce modulari in 2M (vedi fig. 153).

Anche nel caso di applicazione del reticolo scozzese si possono usare le quattro soluzioni sopramenzionate per «collocare» i componenti.

Reticolo variabile significa, per conseguire la massima flessibilità di « collocazione » dei componenti, adottare il reticolo bidimensionale base (1M x 1M) e determinati intervalli e campi, anche diversi, ma comunque in nM, presupponendo che i componenti industrializzati siano *autonomi* (incrementabili di 1M), cioè, come diremo in seguito, impostati sulla « coppia di numeri» (vedi figg. 154, 155, 156 e la tab. a pag. 230). Il reticolo *variabile* sarà quindi tanto più diffuso quanto più la produzione industriale dei componenti sarà indirizzata sul principio dell'« autonomia del componente». In ogni modo anche con i reticoli fissi o scozzesi sono «collocabili», come vedremo, i «componenti autonomi».

In ultima analisi nella fase di progetto dell'organismo il coordinamento dimensionale modulare è un semplice strumento di verifica che pone in relazione la configurazione e la conformazione dell'edificio con le dimensioni standards dei componenti industrializzati e con le relative operazioni di posa in opera e montaggio.

Una volta che tutte le parti risultano « combinabili », le linee e i reticoli di riferimento modulare hanno esaurito la loro funzione strumentale e certamente non si tracceranno in cantiere, salvo quelli che coincidono con gli «spiccati» tradizionalmente intesi, in quanto sono impliciti nei componenti stessi e nel piano di montaggio (indicazione della posizione e successione nella posa in opera dei componenti, vedi Tavv. 131 E, 144).

Ad esemplificazione della progettazione « modulare» dell'organismo edilizio vedi anche da Tav. 122 a Tav. 132.

Il modulo misura nella progettazione del componente industrializzato.

Attualmente i componenti industrializzati sono prodotti preferenzialmente per formare insiemi assemblati di un determinato elemento di fabbrica ricorrente nelle apparecchiature costruttive piane e piano-lineari (chiusure verticali e orizzontali, partizio-

5 \ 6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120
1	5	11	17	23	29	35	41	47	53	59	65	71	77	83	89	95	101	107	113	119	
2	10	16	22	28	34	40	46	52	58	64	70	76	82	88	94	100	106	112	118		
3	15	21	27	33	39	45	51	57	63	69	75	81	87	93	99	105	111	117			
4	20	26	32	38	44	50	56	62	68	74	80	86	92	98	104	110	116				
5	25	31	37	43	49	55	61	67	73	79	85	91	97	103	109	115					
6	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114						
7	35	41	47	53	59	65	71	77	83	89	95	101	107	113							
8	40	46	52	58	64	70	76	82	88	94	100	106	112								
9	45	51	57	63	69	75	81	87	93	99	105	111									
10	50	56	62	68	74	80	86	92	98	104	110										
11	55	61	67	73	79	85	91	97	103	109											
12	60	66	72	78	84	90	96	102	108												
13	65	71	77	83	89	95	101	107													
14	70	76	82	88	94	100	106														
15	75	81	87	93	99	105															
16	80	86	92	98	104																
17	85	91	97	103																	
18	90	96	102																		
19	95	101																			
20	100																				

ABBACO DELLE POSSIBILITÀ COMBINATORIE LINEARI DELLA COPPIA DEI VALORI (5 ; 6)

VALORE CRITICO: 20

Fig. 154.

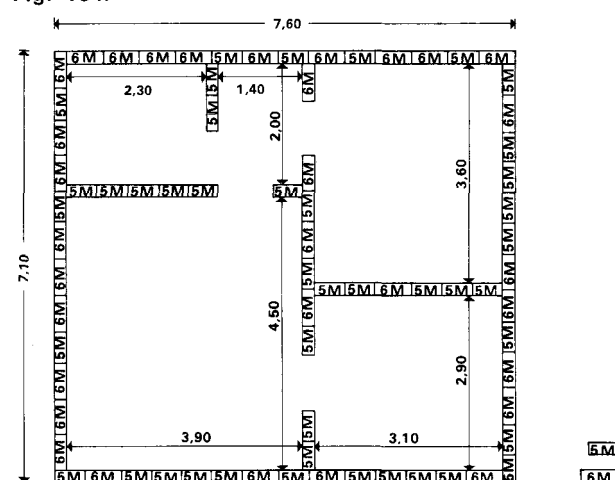



Fig. 155. Esempio di applicazione della «coppia di numeri»: risoluzione in pianta di spazi con dimensioni in nM qualsiasi con la «coppia di numeri» 5-6.

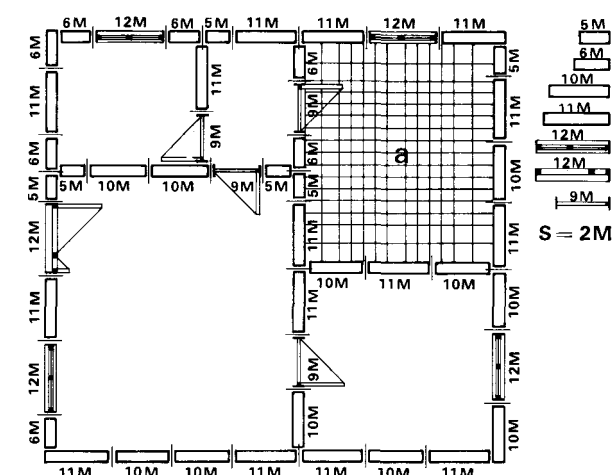



Fig. 156. Esempio di applicazione della «coppia di numeri»: piano di posizionamento dei componenti preferenziali (in alto a destra) nella pianta della fig. 155.

ni interne, scheletro portante, elementi di comunicazione verticale, ecc.).

Per quanto riguarda la progettazione dei componenti industrializzati modulari occorre tener presente quanto segue:

— una volta individuata la forma e l'ordine di grandezza delle dimensioni più rispondenti alle specifiche esigenze tecnologiche per la produzione del componente con determinati materiali e mezzi, nonché rispondenti alle particolari esigenze funzionali e costruttive nell'ambito degli organismi edilizi in cui se ne ipotizza l'impiego, si fissano i valori dimensionali definitivi secondo il modulo internazionale base 1M affinché gli «insiemi assemblati» (in fase cantieristica) cui il componente darà luogo *(combinabilità interna)* risultino in nM ed abbiano, quindi, possibilità di «collocamento» su rette o reticoli modulari di riferimento applicabili nella progettazione dell'organismo edilizio;

— si analizzano le correlazioni a livello dimensionale modulare con insiemi assemblati di altri elementi di fabbrica *(combinabilità esterna).* Vedi fig. 157.

In genere si adottano i seguenti *principi di modulazione:*

a) assegnare dimensioni secondo «scelte multimodulari»;

b) fissare dimensioni secondo «classi d'ingombro modulari»;

e) prevedere condizioni di «indifferenza modulare».

Il componente industrializzato avrà, ovviamente, uno spessore, un'altezza e una larghezza; per tali grandezze, unitamente o separatamente, possono essere applicati i principi qui di seguito riassunti.

a) *Scelte multimodulari.*

Nella generalità dei casi il componente avrà dimensioni superiori ad 1M, perciò sarà necessario scegliere valori multimodulari che consentano la «combinabilità»; si può operare nei modi che seguono:

— *scelte multimodulari lineari semplici:* si stabilisce un unico multimodulo ripetibile (ad esempio: 5M o 9M) per rendere i! componente «collocabile» secondo linee rette di riferimento; in questo caso, ovviamente, si avranno soltanto «insiemi assemblati» con dimensioni multiple del multimodulo; (vedi fig. 158)

— *scelte multimodulari lineari composte:* per conseguire la massima «copertura» di intervalli modulari con gli «insiemi assemblati» ottenibili con il compo-

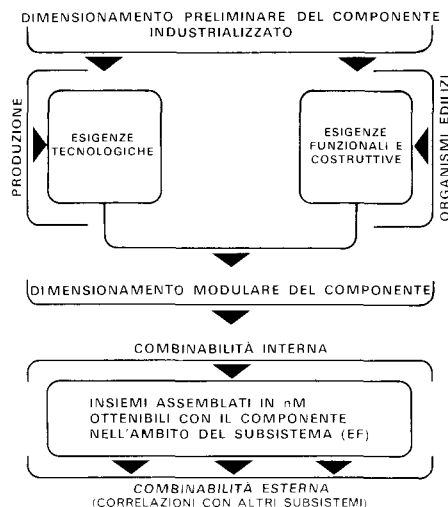



Fig. 157. Schema dell'iter progettuale del componente industrializzato ai fini della «combinabilità».

Fig. 158. Scelta multimodulare lineare semplice.

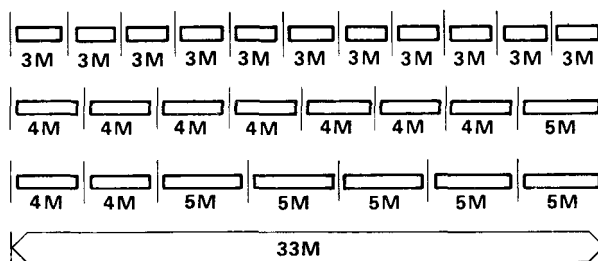



Fig. 159. Raffronto tra una scelta multimodulare semplice e una composta sulla «coppia di numeri».

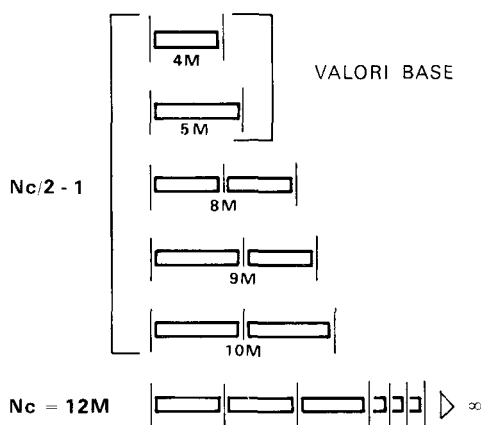



Fig. 160. Flessibilità dimensionale conseguibile con la «coppia di numeri»; esempio con la «coppia» 4-5: il componente dal valore critico 12M1 « monodirezionalmente autonomo» (incrementi di 1M in 1M all'infinito secondo una linea di riferimento modulare).

nente, si effettuano scelte in modo che il componente abbia attributi dimensionali tali che le sue combinazioni consentano incrementi di 1M in 1M. In pratica si scelgono due valori multimodulari in base al principio della «coppia di numeri» che, attraverso la relazione *(ni* M-1) x (n_2M-1) = Nc(in cui n_1 M e n_2M sono valori primi tra loro), consente di determinare il valore critico (Ne) oltre il quale gli incrementi dell'« insieme assemblato» saranno, appunto, di 1M in 1M; ad esempio adottando i valori 4M e 5M si avrà che dai 12M (da 1,20m.) si potranno coprire tutti gli intervalli modulari di 1M in 1M (vedi figg. 159, 160). Questo vuol dire che il componente, prodotto in due tipi «differenziati » rispettivamente con una dimensione nei valori n, M e n_2 M, ha acquisito un *grado di autonomia* (monodirezionale) non solo nei confronti delle possibili linee di riferimento *fisse* adottate in determinate progettazioni di organismi edilizi, ma soprattutto nei confronti delle capacità di «collocazione» degli «insiemi assemblati » in una gamma dimensionale sempre più ampia; quindi il componente risulterà più « collocabile» rispetto ai componenti impostati su scelte modulari «semplici», in quanto l'insieme assemblato a cui dà luogo ha gradi di *autonomia* su di una direzione. Vedi figg. 161, 162 e Tab. a pag. 230.

Al grado di *autonomia* di un componente corrispondono gradi di libertà sia per la progettazione dell'organismo edilizio nelle scelte dimensionali, specie degli ambienti, sia per gli «insiemi assemblati» di altri elementi di fabbricati in diretta correlazione;

— *scelte multimodulari bidirezionali semplici:* si determina un reticolo modulare bidirezionale e preferenziale su di un unico multimodulo (ad esempio maglia di 6M x 6M oppure di 10M x 10M); anche in questo caso gli «insiemi assemblati» saranno multipli, nelle due direzioni, del multimodulo adottato;

— *scelte multimodulari bidirezionali composte:* si tratta di applicare quanto detto in precedenza per le scelte multimodulari lineari composte, cioè adottare il principio della « coppia di numeri » nelle due direzioni. In questo caso il reticolo non è fisso ma varia con le possibili combinazioni dei componenti-tipo che sono prodotti con dimensioni modulari differenziate (reticolo variabile).

Un esempio elementare chiarirà meglio quanto affermato sulla differenza tra le scelte multimodulari semplici e quelle composte: se per un pavimento si adottano mattonelle di 3 M x 3M si otterranno soltanto campi modulari con dimensioni multiple di 3M; se

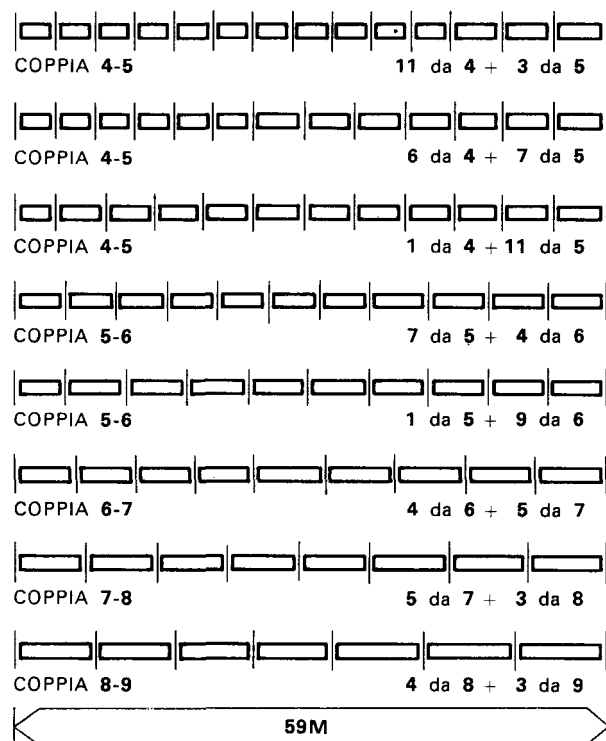



Fig. 161. Possibilità di copertura di intervallo modulare con diverse «coppie di numeri».

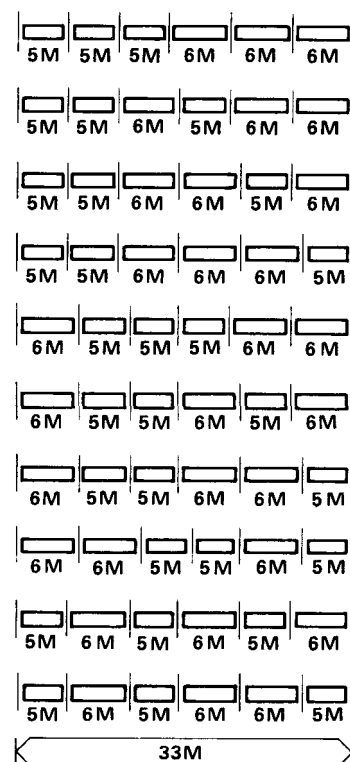



Fig. 162. Esempio delle possibilità combinatorie nella disposizione di componenti basati sulla «coppia di numeri»: elementi in 5M, 6M e intervallo in 33M; le possibilità combinatorie aumentano se si considerano le simmetriche.

invece si producono tre mattonelle (componenti modulari «differenziati»), rispettivamente con dimensioni modulari di 2M x 2M, 3M x 3M, 2M x 3M, è facile constatare che potranno essere « coperti » tutti i campi modulari (di 1M in 1M) dal valore critico di 2M (20 cm.) in poi (vedi fig. 163).

L'insieme assemblato del pavimento è quindi dotato di gradi di autonomia su due direzioni.

b) *Classi di ingombro modulari.*

In base ad un'indagine statistica sulle dimensioni ricorrenti per necessità funzionali e/o costruttive, oppure in relazione a norme che prescrivono precise dimensioni si producono i componenti industrializzati con dimensioni modulari che corrispondono ai valori così determinati. Ciò significa che il componente sarà prodotto per *classi di ingombro modulari,* cioè con tanti valori dimensionali modulari quanti ne prevede la gamma dimensionale delle utilizzazioni (ad esempio: produrre pannelli-facciata per le varie dimensioni modulari in altezza conseguenti ai regolamenti edilizi sulle altezze libere di piano o sulle altezze interpiano), vedi fig. 164.

c) *Condizioni di indifferenza modulare.*

Significa individuare le condizioni per considerare una o più dimensioni del componente libere di assumere valori al di fuori del coordinamento dimensionale modulare (indicate con s, I, h^nM).

Si può avere *l'indifferenza* al coordinamento dimensionale modulare di un elemento costruttivo in una, due o tre celle direzioni ortogonali:

— *per convenzione,* in primo luogo si ha quando l'elemento costruttivo possiede una, due o tutte e tre le dimensioni pari al modulo base 1 M, (ad esempio indifferenza di tramezzi per quanto concerne lo spessore se in 1M, indifferenza di mattonelle da pavimento in 1Mx1M, indifferenza tridimensionale di conci in 1M x 1M x 1M) ; altre convenzioni possono essere relative allintroduzione di norme che consentano di assorbire determinate entità dimensionali: ad esempio se si stabilisce che l'altezza libera di piano è Hi = nM - S, spessore del pavimento, questo ultimo potrà risultare «indifferente» qualora i componenti per le partizioni interne siano in grado (ad esempio, mediante compensatori) di assorbire le variazioni in spessore del pavimento (vedi fig. 165, a);

— *per posizione,* si prevede che nell'ambito della progettazione dell'organismo edilizio il componente non sia all'imerno di linee o reti coli modulari, ad es. nel

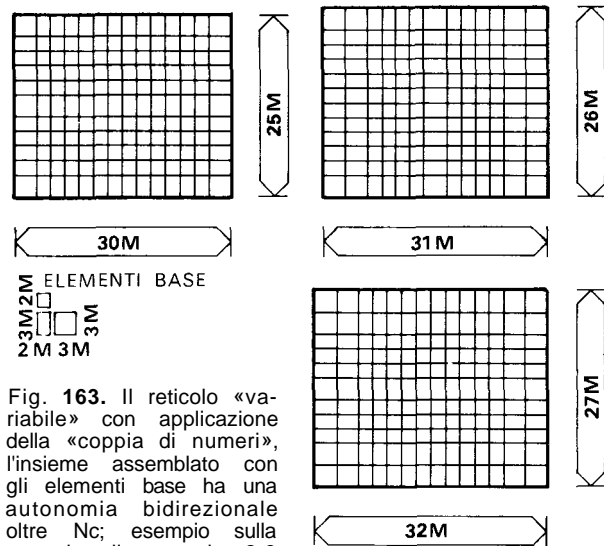



Fig. **163.** Il reticolo «variabile» con applicazione della «coppia di numeri», l'insieme assemblato con gli elementi base ha una autonomia bidirezionale oltre Nc; esempio sulla «coppia di numeri» 2-3 (Nc = 2). Vedi fig. 156 a.

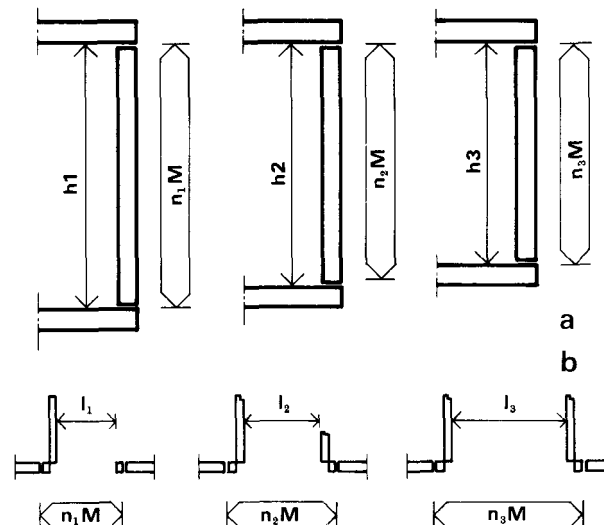



Fig. 164. Esempio di componenti in «classi di ingombro modulari »: a) pannelli facciata in una gamma di altezze libere di piano; b) porte modulari su tre valori.

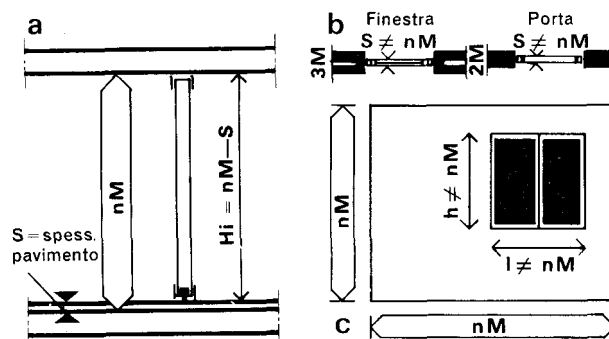



Fig. 165. «Indifferenza» al coordinamento dimensionale modulare; a) per «convenzione»; b) c) per «posizione».

caso di pilastri esterni al reticolo di pianta dell'involucro (cioè pilastri «indifferenti» nell'ingombro di pianta) o nel caso di corpo-scala o di corpo-ascensore «esterni» al corpo di fabbrica principale (vedi figg. 152 d, e); inoltre possono risultare in condizione di indifferenza tutti i componenti e subcomponenti incorporati in altri componenti complessi modulari, come è il caso di «indifferenza nello spessore» di serramenti compresi tra componenti contigui modulari e di «indifferenza totale» per serramenti incorporati in pannelli modulari (vedi figg. 165 b, c);

— *per costituzione,* ad esempio: «indifferenza in pianta» di pavimentazioni realizzate con impasti gettati o spalmati.

* * *

Si fa ora cenno ai criteri di scelta ed ai valori oggi ricorrenti (preferenziali) per il coordinamento dimensionale modulare dei principali elementi di fabbrica.

— *Chiusure verticali.*

I pannelli-facciata possono avere la larghezza coordinata in base a scelte multimodulari lineari sia semplici (multimoduli preferenziali 3M e 5M) sia composte (coppie di valori preferenziali 5M, 6M; 6M, 7M), vedi fig. 170.

Le dimensioni in larghezza preferenziali per la produzione dei pannelli facciata, che si basano su tali scelte multimodulari, sono in genere: 9M, 10M, 11M, 12M per i pannelli portati; 18M, 20M, 22M, 24M, per i pannelli portati e portanti; 36M, 40M, 44M, 48M, per i pannelli portanti (vedi fig. 166).

I pannelli-facciata hanno lo spessore coordinato secondo classi di ingombro modulare in rapporto ad esigenze statiche e di comfort, in genere si hanno le seguenti classi: 1M (tipico, ad esempio, dei courtain-walls), 2M (tipico, ad esempio, delle tamponature a doppio strato da porre in opera separatamente con interposta camera d'aria o di pannelli portanti, 3M (per tamponature «a cassetta» e per pannelli portanti oltre un certo numero di piani), vedi fig. 167.

L'altezza dei pannelli-facciata viene coordinata secondo classi di ingombro modulari in rapporto o alle altezze libere di piano dettate dalla normativa o alle altezze interpiano ricorrenti; nel primo caso i pannelli non «assorbono» gli spessori delle chiusure orizzontali e le classi modulari più frequenti sono: 24M, 27M, 30M, 36M; nel secondo caso i pannelli

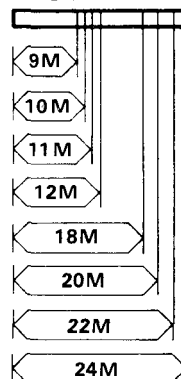



Fig. 166. *Scelte e valori modulari preferenziali ricorrenti per le chiusure verticali: in larghezza.*

S	PANNELLI PORTANTI	PANNELLI PORTATI	PANNELLI SERRAMENTO
1M			
2M			
3M			
S ≠ nM	Esterni al reticolo	Esterni al reticolo	

Fig. 167. Scelte e valori modulari preferenziali ricorrenti per le chiusure verticali: per lo spessore.

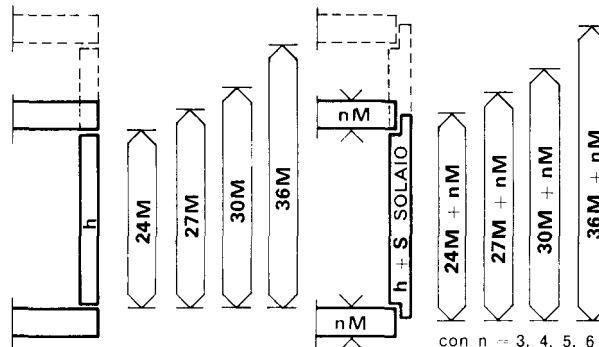



Fig. 168. Scelte e valori modulari preferenziali ricorrenti per le chiusure verticali: in altezza.

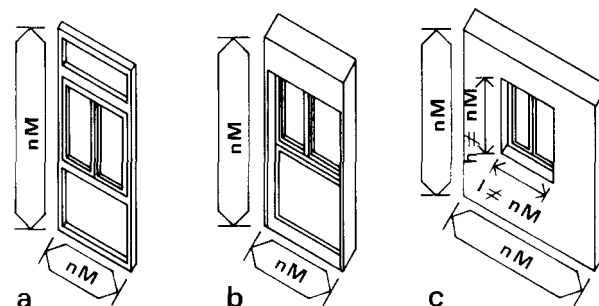



Fig. 169. Scelte per i serramenti: per pannelli-finestra (a) e per « monoblocco » con avvolgibile (b) larghezza e altezza in analogia, ai pannelli-pieni; c, infisso incorporato « indifferente ».

«assorbono» lo spessore delle chiusure orizzontali portanti e ciascuna classe modulare sarà conseguente alla somma delle dimensioni modulari relative alle altezze libere di piano sopracitate con lo spessore modulare delle chiusure orizzontali (valori ricorrenti 3M, 4M, 5M, 6M), vedi fig. 168.

I serramenti o sono in posizione di indifferenza perché *incorporati* nel pannello-facciata o costituiscono a loro volta un pannello-finestra. In questo secondo caso la larghezza sarà coordinata in base alle medesime scelte multimodulari applicate per i pannelli-facciata «pieni», lo spessore sarà in condizioni di indifferenza perché « assorbito » dallo spessore degli elementi dello scheletro portante o dei pannelli-facciata «pieni» (portati o portanti) e l'altezza sarà secondo le medesime classi modulari di questi ultimi (vedi figg. 167 e 169).

— *Partizioni interne.*

Per le partizioni interne portanti si adottano gli stessi criteri e valori applicati per i pannelli-facciata portanti.

Le partizioni interne portate, tramezzature (fisse o spostabili), e le pareti attrezzate possono avere la larghezza impostata secondo scelte multimodulari semplici (multimoduli preferenziali 3M, 4M, 5M) o composte (coppie di valori preferenziali 3M, 4M; 5M, 6M), vedi fig. 172. Le dimensioni in larghezza preferenziali per la produzione (cioè del componente), che si basano sulle scelte multimodulari sopracitate, sono in genere:

5M, 6M per i pannelli di pareti fisse con peso specifico elevato e per i componenti di pareti attrezzate (vedi fig. 171 a);

8M, 9M, 10M, 11 M, 12M per i pannelli di pareti fisse con un basso peso specifico, per i pannelli di pareti spostabili e per i componenti di pareti attrezzate (vedi fig. 171 b).

Lo spessore è per classi di ingombro modulari: le tramezzature fisse e spostabili sono in 1M; le pareti attrezzate di canalizzazione in 2M o in 3M; le pareti attrezzate di utilizzazione in 5M o in 6M (vedi fig. 171 c).

L'altezza delle partizioni interne è in classi di ingombro modulari secondo le dimensioni ricorrenti nelle norme per le altezze libere di piano; le classi modulari più frequenti sono 24M, 27M, 30M, 36M; per coprire questi valori o si producono componenti a «tuttaltezza» nelle diverse dimensioni oppure si producono due componenti sovrapponibili, di cui l'infe-

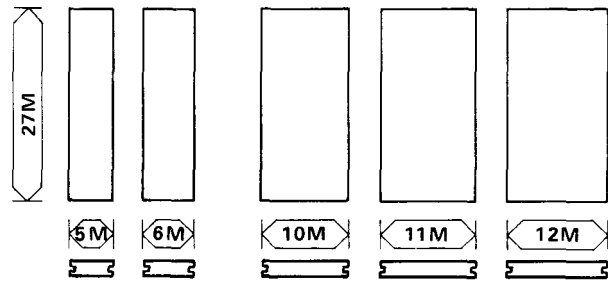



Fig. 170. Pannelli-facciata con / sulla «coppia» 5-6 (preferenziali 10, 11, 12M) e *h* nella «classe di ingombro» 27M.

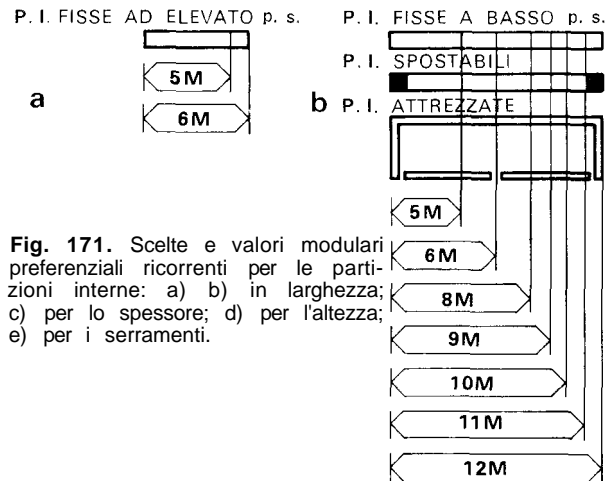
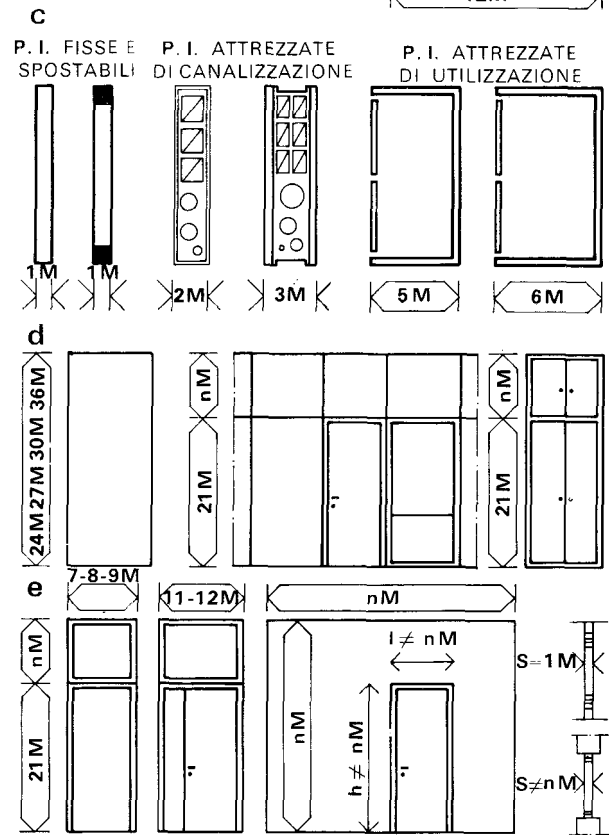



Fig. 171. Scelte e valori modulari preferenziali ricorrenti per le partizioni interne: a) b) in larghezza; c) per lo spessore; d) per l'altezza; e) per i serramenti.

riore con altezza di 21M e il superiore in nM con n pari a 3, 6, 9, 15; questa seconda soluzione è tipica delle pareti spostabili e delle pareti attrezzate (vedi fig. 171 d e Tav. 157).

Per quanto concerne le porte possono risultare in condizioni di «indifferenza» al coordinamento modulare se incorporate nei pannelli-parete; in caso di pannello-porta la larghezza è in coordinamento modulare secondo classi funzionali in base al numero delle persone e alle cose che vi debbono transitare; per l'edilizia residenziale si hanno le seguenti classi di ingombro «estemo» (compreso il telaio e l'eventuale controtelaio): porte ad un'anta 7M, 8M, 9M; porte a due ante 11M, 12M.

Il pannello-porta ha altezze sulle stesse classi di ingombro modulari adottate per i pannelli-parete e lo spessore in condizioni di indifferenza perché viene « assorbito » dallo spessore dei pannelli-parete contigui. (Vedi fig. 171 e).

— *Chiusure orizzontali.*

I componenti delle chiusure orizzontali piane sono coordinati in pianta secondo scelte multimodulari monodirezionali o bidirezionali sia semplici che composte. I valori preferenziali, in tali scelte, dipendono dalle classi di luci da coprire e dall'organizzazione interna della chiusura orizzontale (tessitura monorirezionale o bidirezionale vedi fig. 173 a) e variano in rapporto alle categorie edilizie in cui si intendono applicare i componenti.

Lo spessore è in classi di ingombro modulari in rapporto a tre fattori: l'ampiezza delle luci, il comfort-ambientale e l'attrezzabilità agli impianti; le classi modulari più ricorrenti sono: 3M, 4M, 5M, 6M; queste due ultime sono tipiche di chiusure orizzontali con controsoffitto o sovraimpalcato. Le chiusure orizzontali possono essere indifferenti nello spessore qualora siano in vista esternamente, oppure indifferenti soltanto nella parte destinata al controsoffitto quando questa è assorbita dall'altezza delle partizioni interne. Vedi fig. 173 b.

— *Elementi di comunicazione verticale.*

Per quanto concerne le rampe delle scale vengono prodotte per classi di ingombro modulari sia in pianta in rapporto al dislivello da superare e al numero delle persone in transito (ad esempio: 9M per una persona, 12M per due persone, 15M in caso di edifici pubblici), sia in alzato in funzione delle altezze interpiano ricorrenti.

Nel caso di scala a due rampe parallele, per quan-

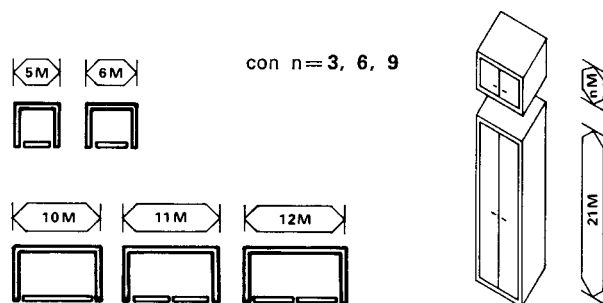



Fig. 172. Partizioni interne attrezzate di utilizzazione con / sulla «coppia» 5-6 (preferenziali 10, 11, 12M) e *h* nelle classi di ingombro 21, 24, 27, 30M.

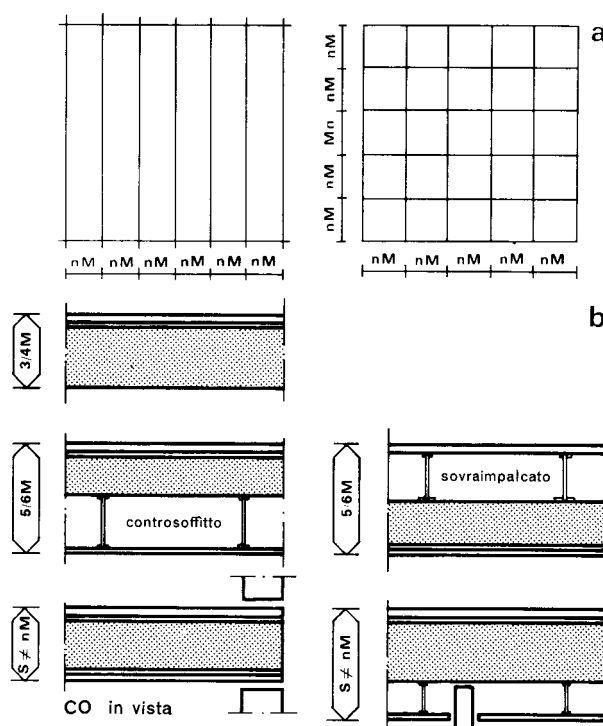



Fig. 173. Chiusure orizzontali: a) linea di riferimento preferenziale per tessitura monodirezionale, reticolo per tessitura bidirezionale; b) valori modulari ricorrenti per lo spessore e condizioni di « indifferenza ».

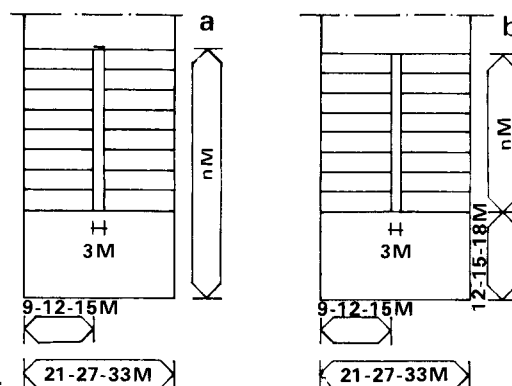



Fig. 174.

to riguarda il dimensionamento modulare della lunghezza in proiezione di pianta (considerando il pianerottolo di arrivo assorbito dalla chiusura orizzontale) si possono avere due soluzioni:
— lunghezza in nM del pianerottolo intermedio più la rampa (vedi fig. 174 a);
— lunghezza in nM della rampa e pianerottolo intermedio nelle classi di ingombro modulare 12M, 15M, 18M (vedi fig. 174 b).

Nel primo caso non è necessario che le pedate e il pianerottolo siano in nM, in quanto una volta definita la lunghezza in proiezione di pianta della rampa si potrà conseguire la modularità dell'insieme giuocando sulla dimensione del pianerottolo. Nel secondo caso, in cui la rampa deve risultare in nM, si è rilevato che la dimensione 3M per la pedata è la più conveniente per altezze libere di piano in 24M, 27M, 30M, 36M combinate con spessori delle chiusure orizzontali in 3M, 4M, 5M, 6M; si può constatare nella tabella di fig. 175 che la lunghezza della rampa è sempre compatibile con il reticolo preferenziale in 3M x 3M e inoltre che è possibile con l'alzata di 15 cm. ottenere, in caso di spessore di 3M della chiusura orizzontale, tutte e quattro le luci libere di piano sopraddette. Ciò vuol dire che con unico cassero o stampo (per il dislivello maggiore) si possono produrre rampe per quattro altezze interpiano. In ambedue i casi la larghezza della scala sarà pari alla somma della larghezza modulare delle due rampe (18M, 21M, 24M, 30M) e del vano per la ringhiera (in 2M o 3M).

Se si prevedono corpi-scale e/o corpi-ascensore in condizioni di «indifferenza modulare», essi vengono realizzati come blocchi-spaziali per classi di ingombro tridimensionale.
— *Scheletro portante.*

Il coordinamento modulare in pianta si effettua secondo reticoli preferenziali determinati in base ad esigenze funzionali (destinazione d'uso dell'organismo edilizio) e costruttive (luce dei solai, carichi permanenti ed accidentali, ecc.). I reticoli preferenziali sono conseguenti a scelte multimodulari semplici (in genere 3M o 5M) o composte (reticolo scozzese: reticolo dello scheletro con maglia modulare secondo gli interassi dei pilastri e reticoli differenziati per i componenti degli altri elementi di fabbrica vedi figg. 153, 176 b).

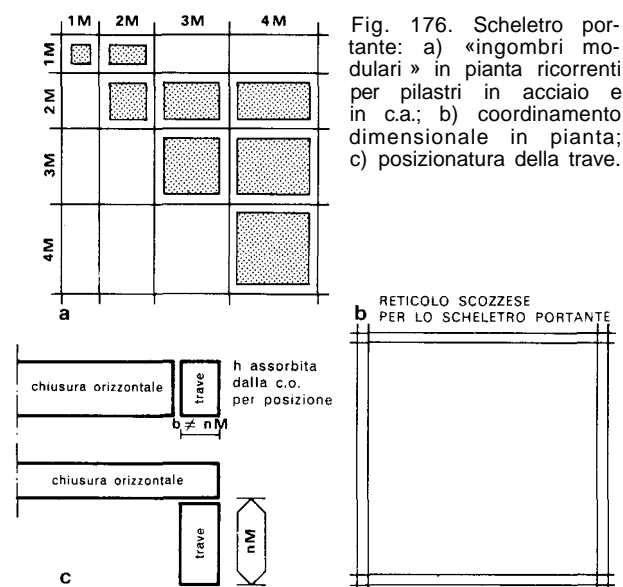
I pilastri sono coordinati secondo classi di ingombro modulari sia in pianta (classi preferenziali più ricorrenti: 1M x 1M, 2M x 2M, 3M x 3M, 4M x 4M) sia

H_l	H_i	n° A	n° P	A	P	L_M
24M	27M	9	8	15	3M	24M
	28M	9	8	15,55	3M	24M
	29M	9	8	16,11	3M	24M
	30M	9	8	16,66	3M	24M
27M	30M	10	9	15	3M	27M
	31M	10	9	15,5	3M	27M
	32M	10	9	16	3M	27M
	33M	10	9	16,5	3M	27M
30	33M	11	10	15	3M	30M
	34M	11	10	15,45	3M	30M
	35M	11	10	15,90	3M	30M
	36M	11	10	16,36	3M	30M
36	39M	13	12	15	3M	36M
	40M	13	12	15,38	3M	36M
	41M	13	12	15,76	3M	36M
	42M	13	12	16,15	3M	36M

H_l = *altezza libera di piano*
H_i = *altezza interpiano (chiusura orizzontale con spessori: 3M, 4M, 5M, 6M)*
n° A = *numero alzate per rampa*
n° P = *numero pedate per rampa*
A = *alzata in cm*
P = *pedata modulare*
L_M = *valori modulari in pianta della lunghezza di rampa*

Valori modulari in pianta larghezza rampa: 9M, 12M, 15M
Valori modulari larghezza pianerottolo intermedio: 12M, 15M, 18M
Pianerottolo di arrivo assorbito dalla chiusura orizzontale

Fig. 175. Tabella per ottenere l'ingombro modulare (in pianta e in alzato) della scala in 3M.

Fig. 176. Scheletro portante: a) «ingombri modulari » in pianta ricorrenti per pilastri in acciaio e in c.a.; b) coordinamento dimensionale in pianta; c) posizionatura della trave.

in elevazione (classi per altezze libere di piano o interpiano).

Le travi principali possono essere in condizioni di indifferenza in alzato se «assorbite» nello spessore delle chiusure orizzontali. La lunghezza della trave è coordinata secondo scelte multimodulari semplici o composte in base a una determinata gamma di « luci » copribili.

— *Blocchi funzionali.*

Il coordinamento modulare dei *blocchi funzionali di canalizzazione* è in genere in classi di ingombro modulari tridimensionali (in pianta secondo le esigenze degli impianti contenuti, in alzato secondo le altezze libere di piano suggerite dalle norme).

Nei *blocchi funzionali di utilizzazione* il coordinamento si effettua in pianta secondo scelte multimodulari lineari sia semplici che composte; in alzato possono risultare in condizioni di indifferenza se di altezza inferiore all'altezza libera di piano; in caso contrario si determinano classi modulari pari alle altezze libere di piano. Attualmente si tende a trasformare i blocchi-funzionali di utilizzazione in vere e proprie unità autonome polifunzionali che si caratterizzano come «moduli-oggetto», vedi Tav. 158.

* * *

Da quanto detto è chiaro come il componente ai fini della combinabilità con altri componenti debba possedere valori modulari al «contorno», a tal fine non è necessario che i subcomponenti che lo conformano risultino a loro volta in coordinamento modulare. Nella generalità dei casi, infatti, il subcomponente è in condizioni di indifferenza «per posizione»; tuttavia vi possono essere casi in cui per conseguire la modularità al «contorno» del componente è indispensabile un coordinamento in tal senso anche dei subcomponenti. Si cita, ad esempio, la realizzazione in officina di un pannello-facciata modulare con conci laterizi a faccia a vista: essendo i conci subcomponenti che conformano al «finito» il componente, cioè ne investono in modo diretto gli attributi dimensionali al «contorno», è indispensabile che risultino a loro volta modulari (vedi Tav. 142).

Nei casi in cui i subcomponenti debbano risultare in coordinamento modulare all'«interno» del componente si potranno adottare gli stessi criteri enunciati in precedenza.

Ad esemplificazione della progettazione « modulare» del componente vedi da Tav. t38 a 144.

I componenti prodotti mediante casseforme, sia in officina sia in opera (industrializzazione dei getti), per risultare in coordinamento modulare implicano che le stesse casseforme risultino «calchi» modulari; per rendere flessibile la produzione si tende a realizzare casseforme che attraverso particolari accorgimenti (ad esempio spostamenti graduali delle sponde) consentano incrementi dimensionali di 1M in 1M. In particolare le casseforme-tunnel si impostano: in lunghezza o profondità secondo scelte multimodulari lineari semplici o composte; in alzato secondo classi di altezza libera di piano; in larghezza secondo un intervallo dimensionale in nM (compatibile con esigenze tecnico-costruttive e funzionali) che consenta spostamenti delle fiancate in nM (vedi Tav. 145).

DIMENSIONE NOMINALE E DIMENSIONE EFFETTIVA DEL COMPONENTE.

Infine sarà bene ricordare che le dimensioni modulari non sono le reali dimensioni che avrà il componente, bensì sono valori di riferimento soltanto ai fini della combinabilità geometrica; ai fini della collocazione e dell'accoppiabilità, cioè dell'unione in senso materiale tra componenti, occorre tener conto delle dimensioni che in pratica possiederà il componente una volta prodotto.

Sotto questo profilo hanno significato la*dimensione nominale* e ì*adimensione effettiva* del componente.

La *dimensione nominale* (DN) è pari alla *dimensione modulare* (DM) sottraendo a questa il *giunto* (g) necessario per l'unione con altri componenti, cioè

$$DN = DM - g$$

La *dimensione effettiva* è conseguente al considerare gli errori dimensionali che inevitabilmente, in misura più o meno rilevante, si manifestano nel ciclo produttivo del componente e che alterano i valori assunti per la *dimensione nominale,* cioè di progetto per l'esecuzione. Pertanto la *dimensione effettiva* (DE) sarà:

$$DE = DN \pm T$$ (valore della tolleranza).

Le tolleranze sono determinate statisticamente at-

traverso prove su campione o addirittura su veri e propri cicli di lavorazione e montaggio sperimentali.

La tolleranza rappresenta, quindi, l'intervallo massimo di errore ammesso nella dimensione *effettiva,* ottenuta nell'esecuzione, rispetto alla dimensione *nominale.* Si hanno un limite di tolleranza superiore (Ls) ed un limite di tolleranza inferiore (Li) : Ls — Li determina il campo di tolleranza ammissibile nella lavorazione. Le tolleranze possono risultare simmetriche, se sono uguali in valore assoluto, assimmetriche, se disuguali, unilaterali, se uno degli scarti è nullo. Per consentire il montaggio occorre evitare la condizione di interferenza tra le dimensioni dei componenti da accoppiare e determinare, quindi, i limiti di *gioco* per l'accoppiamento.

Il determinare le tolleranze di fabbricazione è indispensabile non soltanto per assicurare la combinabilità e l'accoppiabilità dei componenti dello stesso tipo (ad esempio tra pannelli-facciata), ma anche di componenti di tipo diverso (ad esempio tra pannelli-facciata ed elementi dello scheletro portante).

Inoltre occorre considerare il problema delle *tolleranze a livello di posizionamento e montaggio* per insiemi assemblati sia di componenti dello stesso tipo che di tipo diverso.

Come si può osservare l'edilizia industrializzata ha mutuato principi operativi tipici dell'industria meccanica; in effetti, considerato che il componente industrializzato deve possedere capacità di combinabilità e accoppiabilità a monte della realizzazione dell'organismo edilizio (nel montaggio non sono ammesse lavorazioni di modifica ed assestamento del «pezzo»), è indispensabile affrontare il problema delle tolleranze in sede di progettazione e di produzione del componente, contrariamente ai procedimenti tradizionali e artigianali. Infatti in questi ultimi gli elementi costruttivi funzionali trovano la risoluzione della correlazione «interna» ed «esterna» direttamente nelle lavorazioni in opera, risultando in questo caso «nominali» le dimensioni di progetto dell'intero organismo.

Dimensione nominale e dimensioni effettive massime e minime per T = ± 4 mm della larghezza dei conci laterizi in 3M (di cui alle tavv. 142-143-144) e dimensione nominale del giunto = 14 mm.

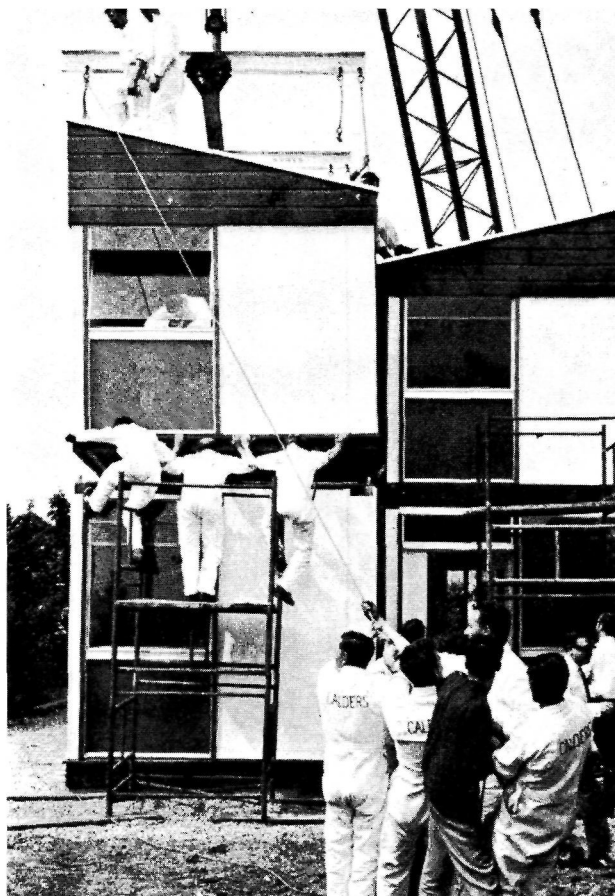
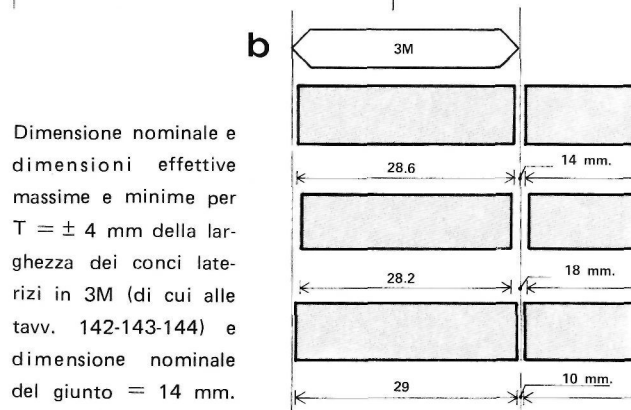
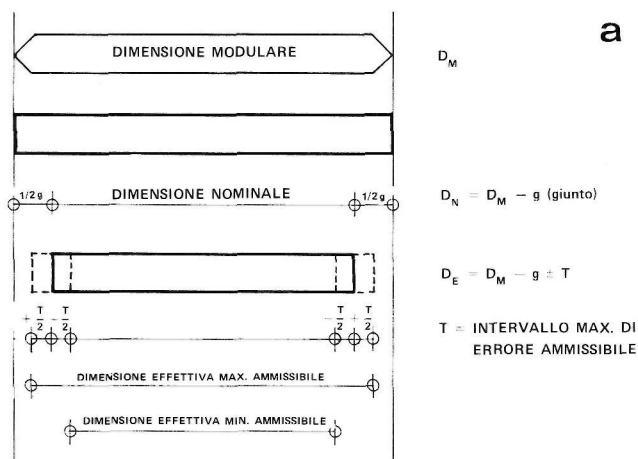



Fig. 177. *a, b,* dimensioni modulare, nominale ed effettiva; c, montaggio in cantiere di cellule spaziali.

IL MODULO OGGETTO

In questo caso è un'entità tridimensionale reale con i propri attributi dimensionali a determinare il coordinamento dimensionale dell'insieme, cioè si realizza un *oggetto* che date le sue caratteristiche morfologiche rappresenta il *modulo* che ripetuto regola la configurazione e la conformazione dell'organismo edilizio.

Il principio del *modulo-oggetto* è attualmente riscontrabile sia nei procedimenti industrializzati a cellule spaziali sia nelle apparecchiature costruttive reticolari spaziali.

Con i primi si determinano organismi edilizi attraverso la sovrapposizione e la giustapposizione di «cellule spaziali», entità tridimensionali abitabili che costituiscono il modulo-oggetto.

È evidente come in questo caso l'unità di grandezza che si assume al fine del coordinamento modulare non sia altro che la cellula-spaziale tipo. Esempi di realizzazioni e progettazioni in tal senso sono illustrati da Tav. 146 a 152.

Le apparecchiature costruttive reticolari possono risultare come «gemmazione» di elementi costruttivi lineari e puntiformi, asta + nodo, la cui entità minima spaziale assemblata dà luogo, data la capacità di aggregazione, a molteplici configurazioni spaziali in qualità di modulo-oggetto. Esempi in tal senso sono riscontrabili nelle esperienze del Wachsmann, nelle realizzazioni del Füller e in altre esperienze più recenti (vedi Tavv. 110 e 153).

D'altra parte, occorre considerare che, qualora nell'ambito del modulo-misura tutti i componenti fossero prodotti in condizioni di «autonomia», i componenti stessi risulterebbero in definitiva moduli-oggetto.

Il principio del modulo-oggetto offre la possibilità di un superamento del coordinamento dimensionale su basi modulari secondo tre assi ortogonali che è essenzialmente riferito a configurazioni parallelepipede dell'organismo edilizio. Sotto questo profilo si apre oggi un interessante campo di ricerca per acquisire posizioni più avanzate nell'edilizia industrializzata non soltanto a livello di organismo, ma anche a livello di town-design.

Ovviamente anche nel caso in cui il componente costituisca modulo-oggetto occorrerà considerare il problema delle tolleranze, in analogia a quanto precedentemente detto.

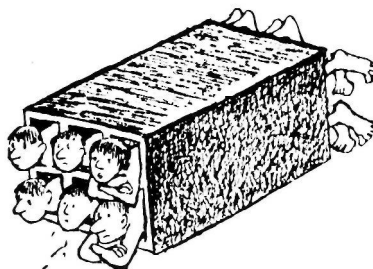



Fig. 178. I procedimenti a «cellule spaziali» hanno **i** loro pregi, ma possono condurre ad una distorsione «tecnicistica» dell'abitare come ironicamente commenta il disegno di Mittelberg e drammaticamente sintetizza l'immagine di « abituri » a Dacca.

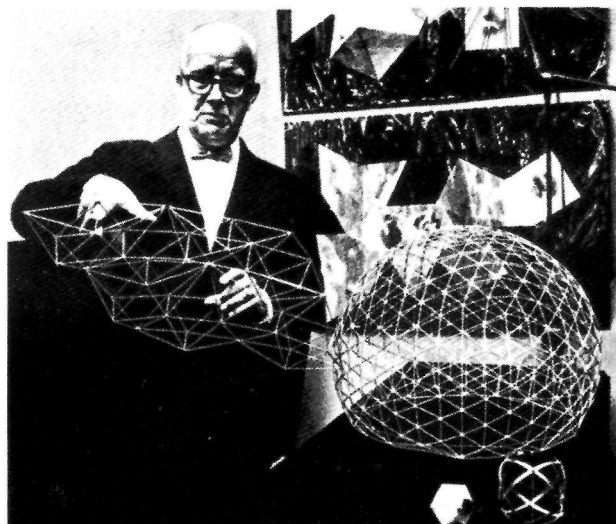



Fig. 179. R. Buckminster Füller con i modelli delle sue costruzioni reticolari spaziali.

L'ACCOPPIABILITÀ E ALTRE CAPACITÀ DI PRESTAZIONE DEL COMPONENTE INDUSTRIALIZZATO

Nei paragrafi precedenti si è trattato del coordinamento dimensionale modulare per conferire al componente capacità di prestazione a livello dimensionale ai fini della «combinabilità» e si è anche detto del problema delle tolleranze che è riferito agli attributi dimensionali del componente ma tiene già conto di alcuni aspetti dell'«accoppiabilità».

Accoppiabilità sta a significare che il componente ha capacità di connessione sul piano costruttivo:

— con componenti dello stesso tipo (ad esempio: tra pannello-facciata e pannello-facciata);

— con altri componenti nell'ambito del medesimo elemento di fabbrica (ad esempio: tra pannello-facciata e pannello-finestra);

— con altri componenti appartenenti ad altro elemento di fabbrica (ad esempio: tra pannello-facciata ed elementi dello scheletro portante);

— con elementi costruttivi di altri elementi di fabbrica realizzati in opera.

In tutti i casi sopraelencati occorre innanzitutto considerare i termini di correlazione costruttiva che si verificano in base alle ipotesi di utilizzazione previste per il componente in uno o più tipi edilizi della medesima categoria o di categoria diversa.

Una volta determinato il ruolo di applicabilità del componente occorre considerare specificamente le capacità di connessione, cioè gli attributi al «contorno» del componente per la realizzazione materiale delle unioni: *definizione delle caratteristiche morfologiche per il collegamento.* A tal fine è importante la funzione che ha il collegamento *(di forza* e/o *di tenuta)* e se l'unione avviene tra elementi lineari (nodo *puntiforme), ira* elementi piani (giunzione *lineare*), tra elementi spaziali (connessione *interfaccia),* oppure tra elementi lineari, piani e spaziali nelle varie combinazioni (giunzione *mista).*

Le caratteristiche morfologiche del componente ai fini del collegamento possono essere *monovalenti*, cioè si prevede un'unica possibilità di accoppiamento, o *plurivalenti,* cioè con capacità di connessione per più conformazioni dei componenti a contatto (ad esempio: pannello-facciata accoppiabile sia con scheletri in c.a. che in acciaio; pannelli-infisso appli-

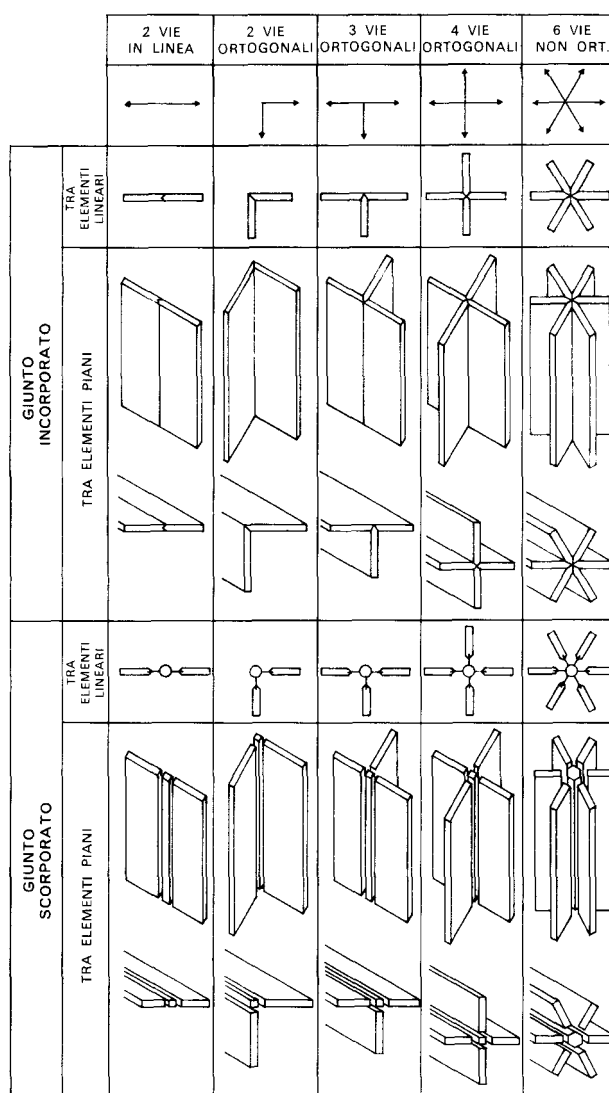



Fig. 180. Schematizzazione di collegamenti puntiformi e lineari a più vie sul piano orizzontale e sul piano verticale.

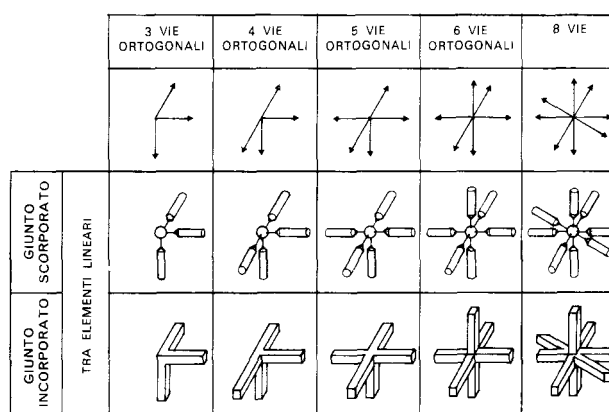



Fig. 181. Schematizzazione di collegamenti a più vie nello spazio tra elementi lineari.

cabili in differenti conformazioni del vano che li deve contenere); inoltre possono essere tali da consentire collegamenti da una a più vie (vedi fig. 182), determinando così unioni da un minimo di « due vie in linea » o « a due vie ortogonali (o non) », a « tre vie », a « quattro vie», ecc.

Ai fini dell'accoppiabilità si adottano criteri fondamentali entro i quali gravitano tutte le possibili soluzioni intermedie che si presentano nella pratica:

— *Il giunto incorporato,* cioè è il componente stesso ad essere conformato per consentire le varie possibilità di connessione, *giunzione diretta* (vedi fig. 183);

— *Il giunto scorporato,* cioè si prevede l'elemento di giunzione come entità separata *(giunzione indiretta),* vedi figg. 184 e 185: realizzato in opera (ad es.: unione di pannelli in c.a. con getto di malta cementizia), *giunto bagnato;* realizzato in officina, *attrezzatura di giunto* (ad es.: montanti per pareti spostabili), *giunto a secco o meccanico.*

In caso di «attrezzatura di giunto» questa può variare per rendere possibili l'accoppiamento di differenti tipi di componenti appartenenti allo stesso o a diversi elementi di fabbrica. Il componente in questo caso sarà conformato soltanto per ricevere l'elemento di giunto, dato che questo sarà il tramite per varie condizioni di accoppiamento. Vedi Tav. 155, 156.

Ai fini dell'accoppiabilità i produttori debbono fornire una documentazione sulle modalità di montaggio e posa in opera, nonché i dati sulle tolleranze di fabbricazione e di posizionamento in opera.

Nella progettazione dell'organismo edilizio occorre indicare negli elaborati grafici il piano di montaggio dei componenti con i relativi elementi di connessione.

* * *

Il componente industrializzato deve possedere specifiche capacità di prestazione relativamente a:

— *sicurezza statica del componente e dell'insieme che concorre a realizzare,* il componente, sia portante che portato, deve poter resistere nelle ipotizzate condizioni di esercizio alle sollecitazioni dovute alle azioni esterne ad esso applicate (statiche e dinamiche), al proprio peso e a distorsioni di varia natura (ritiro, effetti della temperatura, ecc.);

— *isolamento termico, acustico, igrotermico e impermeabilità, a* seconda del ruolo che ha il componente ai fini del comfort ambientale;

— *comportamento all'azione dei fluidi e della luce;*

— *durata,* cioè capacità di mantenere nel tempo le caratteristiche di prestazione relative alla resistenza,

Fig. 182. Simboli per indicare capacità di connessione di un elemento.

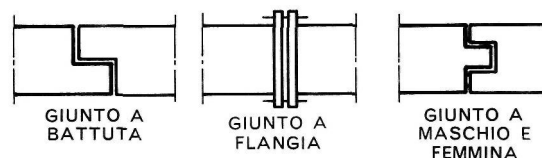



Fig. 183. Esempi di giunti «incorporati».

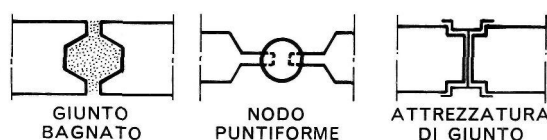



Fig. 184. Esempi di giunti «scorporati».

Fig. 185. Il nodo e le aste del padiglione all'Expo di Osaka di K. Tange.

all'aspetto superficiale e al comportamento nell'uso;
— *comportamento al fuoco;*
— *integrabilità con gli impianti,* cioè capacità di contenere o meno schemature o punti di utilizzazione: componente *attrezzato, attrezzarle, non attrezzatile;*
— *sicurezza sul lavoro,* cioè definizione dei mezzi e degli accorgimenti necessari a tal fine nel trasporto, stoccaggio, montaggio e posa in opera.

Le capacità di prestazione di un componente industrializzato devono essere determinate in rapporto:
— alla funzione e alla collocazione nell'ambito dell'apparecchiatura costruttiva (elemento di SP, di CO, di CV, di PI, ecc.);
— alle esigenze abitative a seconda della categoria edilizia (residenziale, scolastica, sanitaria, agricola, industriale, ecc.) dell'organismo edilizio o degli organismi in cui può essere inserito (componente monovalente o plurivalente);
— al comportamento nell'uso in relazione alle esigenze dello spazio che concorre a costruire.

Le capacità di prestazione sopramenzionate, unitamente a quelle relative alla «combinabilità» e «accoppiabilità», devono, ovviamente, essere determinate in sede progettuale e controllate attraverso l'approntamento di prototipi, ma debbono anche essere rese note nella dovuta forma all'utilizzatore, in quanto il componente viene posto in commercio in qualità di «materiale» con specifiche possibilità di impiego in uno o più procedimenti costruttivi e in una o più tipologie edilizie. Sul piano commerciale è indispensabile fornire tutti i dati relativi agli attributi di qualità e alle modalità di impiego del componente; a questo fine i produttori tendono a porre sul mercato componenti a «catalogo», cioè qualificati attraverso una «scheda tecnica» che riassume, appunto, le capacità di prestazione e le modalità di impiego del prodotto.

La conoscenza delle caratteristiche intrinseche del componente e degli insiemi assemblati con esso conseguibili è altrettanto necessaria per consentire il controllo a garanzia dell'utilizzatore. Ciò avviene sia per spontanea iniziativa dei produttori attraverso il «marchio di garanzia», certificati di prove e collaudi effettuati in proprio o presso laboratori ufficiali, sia, per compito istituzionale, da parte di organi governativi attraverso l'emanazione di norme, la richiesta di deposito e vidimazione ufficiale dei dati e della documentazione necessari per conoscere le capacità di prestazione del singolo componente e di insiemi assemblati.

Questa prassi conduce al «certificato di idoneità», cioè comprovazione ufficiale di quanto contenuto nella «scheda tecnica» (vedi Tav. 137).

NORMALIZZAZIONE E UNIFICAZIONE

Da quanto detto in precedenza è evidente che l'industrializzazione edilizia implica un processo di *normalizzazione* e *unificazione* degli oggetti da produrre, in particolare per la produzione degli oggetti edilizi intermedi.

La *normalizzazione* (o standardizzazione) si effettua per stabilire le caratteristiche di prestazione che deve possedere un oggetto in modo che, attraverso una sua tipizzazione, possa essere determinato un «modello» per una riproduzione qualitativamente omogenea. L'oggetto si dice normalizzato o standard quando ha le capacità di prestazione e gli attributi di qualità propri del «modello» di riferimento stabilito per convenzione *(norma).* In pratica si ha una corrispondenza tra i dettami della norma e l'oggetto considerato.

La normalizzazione è premessa all'unificazione; in ogni caso l'una si integra con l'altra in un razionale processo di industrializzazione.

L'unificazione è necessaria per regolamentare nel numero i tipi di un medesimo oggetto (riduzione della varietà tendendo all'unità) al fine di ottenere una produzione di serie, una migliore uttilizzazione dei mezzi di lavoro, procedimenti più razionali ed economici. L'opera di unificazione di un prodotto può comprendere tutte o parte delleseguenti voci: denominazione, modi di rappresentazione, unità di misura, dimensioni, materiali, finiture, grado di precisione, ecc.

La normalizzazione e l'unificazione dei prodotti si ottengono sia per accordo spontaneo tra produttori sia attraverso un'azione regolamentatrice degli organi di governo (preposti ad un determinato settore produttivo) in nome degli utilizzatori o consumatori. Comunque il criterio di normalizzazione e unificazione non è certamente nuovo, si può dire che è sempre stato presente nell'uomo per garantire la qualità e ridurre i costi di oggetti che per obiettive necessità dovevano essere riprodotti con eguali caratteristiche, (vedi Tav. 106).

TABELLA PER L'APPLICAZIONE DELLE COPPIE DI NUMERI DA (2M, 3M) A (11M, 12M)
PER INTERVALLI MODULARI (DI 1M IN 1 M) DA 2M A 100M.

nM	(2;3)		(3;4)		(4;5)		(5;6)		(6;7)		(7;8)		(8;9)		(9;10)		(10;11)		(11;12)	
2	1	–																		
3	–	1	1	–																
4	2	–	–	1	1	–														
5	1	1	●	●	–	1	1	–												
6	3 –	– 2	2	–	●	●	–	1	1	–										
7	2	1	1	1	●	●	●	●	–	1	1	–								
8	4 1	– 2	–	2	2	–	●	●	●	●	–	1	1	–						
9	3 –	1 3	3	–	1	1	●	●	●	●	●	●	–	1	1	–				
10	5 2	– 2	2	1	–	2	2	–	●	●	●	●	●	●	–	1	1	–		
11	4 1	1 3	1	2	●	●	1	1	●	●	●	●	●	●	●	●	–	1	1	–
12	6 3 –	– 2 4	4 –	– 3	3	–	–	1	2	–	●	●	●	●	●	●	●	●	–	1
13	5 2	1 3	3	1	2	1	●	●	1	1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
14	7 4 1	– 2 4	2	2	1	2	●	●	–	2	2	–	●	●	●	●	●	●	●	●
15	6 3 –	1 3 5	5 1	– 3	–	3	3	–	●	●	1	1	●	●	●	●	●	●	●	●
16	8 5 2	– 2 4	4 –	1 4	4	–	2	1	●	●	–	2	2	–	●	●	●	●	●	●
17	7 4 1	1 3 5	3	2	3	1	1	2	●	●	●	●	1	1	●	●	●	●	●	●
18	9 6 3 –	– 2 4 6	6 2	– 3	2	2		3	3	–	●	●	–	2	2	–	●	●	●	●
19	8 5 2	1 3 5	5 1	1 4	1	3	●	●	2	1	●	●	●	●	1	1	●	●	●	●
20	10 7 4 1	– 2 4 6	4 –	2 5	5 –	– 4	4	–	1	2	●	●	●	●	–	2	2	–	●	●
21	9 6 3 –	1 3 5 7	7 3	– 3	4	1	3	1	–	3	3	–	●	●	●	●	1	1	●	●
22	11 8 5 2	– 2 4 6	6 2	1 4	3	2	2	2	●	●	2	1	●	●	●	●	–	2	2	–
23	10 7 4 1	1 3 5 7	5 1	2 5	2	3	1	3	●	●	1	2	●	●	●	●	●	●	1	1
24	12 9 6 3 –	– 2 4 6 8	8 4 –	– 3 6	6 1	– 4	–	4	4	–	–	3	3	–	●	●	●	●	–	2
25	11 8 5 2	1 3 5 7	7 3	1 4	5 –	1 5	5	–	3	1	●	●	2	1	●	●	●	●	●	●
26	13 10 7 4 1	– 2 4 6 8	6 2	2 5	4	2	4	1	2	2	●	●	1	2	●	●	●	●	●	●
27	12 9 6 3 –	1 3 5 7 9	9 5 1	– 3 6	3	3	3	2	1	3	●	●	–	3	3	–	●	●	●	●
28	14 11 8 5 2	– 2 4 6 8	8 4 –	1 4 7	7 2	– 4	2	3	–	4	4	–	●	●	2	1	●	●	●	●
29	13 10 7 4 1	1 3 5 7 9	7 3	2 5	6 1	1 5	1	4	●	●	3	1	●	●	1	2	●	●	●	●
30	15 12 8 6 3 –	– 2 4 6 8 10	10 6 2	– 3 6	5 –	2 6	6 –	– 5	5	–	2	2	●	●	–	3	3	–	●	●
31	14 11 8 5 2	1 3 5 7 9	9 5 1	1 4 7	4	3	5	1	4	1	1	3	●	●	●	●	2	1	●	●
32	16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10	8 4 –	2 5 8	8 3	– 4	4	2	3	2	–	4	4	–	●	●	1	2	●	●
33	15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11	11 7 3	– 3 6	7 2	1 5	3	3	2	3	●	●	3	1	●	●	–	3	3	–
34	17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10	10 6 2	1 4 7	6 1	2 6	2	4	1	4	●	●	2	2	●	●	●	●	2	1
35	16 13 10 7 4 1	1 3 5 7 9 11	9 5 1	2 5 8	5 –	3 7	7 1	– 5	–	5	5	–	1	3	●	●	●	●	1	2
36	18 15 12 9 8 3 –	– 2 4 6 8 10 12	12 8 4 –	– 3 6 9	9 4	– 4	6 –	1 6	–	6	4	1	–	4	4	–	●	●	–	3
37	17 14 11 8 5 2	1 3 5 7 9 11	11 7 3	1 4 1	8 3	1 5	5	2	5	1	3	2	●	●	3	1	●	●	●	●
38	19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12	10 6 2	2 5 8	7 2	2 6	4	3	4	2	2	3	●	●	2	2	●	●	●	●
39	18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13	13 9 5 1	– 3 6 9	6 1	3 7	3	4	3	3	1	4	●	●	1	3	●	●	●	●
40	20 17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10 12	12 8 4 –	1 4 7 10	10 5 –	– 4 8	8 2	– 5	2	4	–	5	5	–	–	4	4	–	●	●

nM	(2;3)		(3;4)		(4;5)		(5;6)		(6;7)		(7;8)		(8;9)		(9;10)		(10;11)		(11;12)	
41	19 16 13 10 7 4 1	1 3 5 7 9 11 13	11 7 3	2 5 8	9 4	1 5	7 1	1 6	1	5	●	●	4	1	●	●	3	1	●	●
42	21 18 15 12 9 6 3 –	– 2 4 6 8 10 12 14	14 10 6 2	– 3 6 9	8 3	2 6	6 –	2 7	7 –	– 6	6	–	3	2	●	●	2	2	●	●
43	20 17 14 11 8 5 2	1 3 5 7 9 11 13	13 9 5 1	1 4 7 10	7 2	3 7	5	3	6	1	5	1	2	3	●	●	1	3	●	●
44	22 19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12 14	12 8 4 –	2 5 8 11	11 6 1	– 4 8	4	4	5	2	4	2	1	4	●	●	–	4	4	–
45	21 18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13 15	15 11 7 3	– 3 6 9	10 5 –	1 5 9	9 3	5	4	3	3	3	–	5	5	–	●	●	3	1
46	23 20 17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10 12 14	14 10 6 2	1 4 7 10	9 4	2 6	8 2	1 6	3	4	2	4	●	●	4	1	●	●	2	2
47	22 19 16 13 10 7 4 1	1 3 5 7 9 11 13 15	13 9 5 1	2 5 8 11	8 3	3 7	7 1	2 7	2	5	1	5	●	●	3	2	●	●	1	3
48	24 21 18 15 12 9 6 3 –	– 2 4 6 8 10 12 14 16	16 12 8 4 –	– 3 6 9 12	12 7 2	– 4 8	6 –	3 8	8 1	– 6	–	6	6	–	2	3	●	●	–	4
49	23 20 17 14 11 8 5 2	1 3 5 7 9 11 13 15	15 11 7 3	1 4 7 10	11 6 1	1 5 9	5	4	7 –	1 7	7	–	5	1	1	4	●	●	●	●
50	25 22 19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12 14 16	14 10 6 2	2 5 8 11	10 5 –	2 6 10	10 4	– 5	6	2	6	1	4	2	–	5	5	–	●	●
51	24 21 18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13 15 17	17 13 9 5 1	– 3 6 9 12	9 4	3 7	9 3	1 6	5	3	5	2	3	3	●	●	4	1	●	●
52	26 23 20 17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10 12 14 16	16 12 8 4 –	1 4 7 10 13	13 8 3	– 4 8	8 2	2 7	4	4	4	3	2	4	●	●	3	2	●	●
53	25 22 19 16 13 10 7 4 1	1 3 5 7 9 11 13 15 17	15 11 7 3	2 5 8 11	12 7 2	1 5 9	7 1	3 8	3	5	3	4	1	5	●	●	2	3	●	●
54	27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18	18 14 10 6 2	– 3 6 9 12	11 6 1	2 6 10	6 –	4 9	9 2	– 6	2	5	–	6	6	–	1	4	●	●
55	26 23 20 17 14 11 8 5 2	1 3 5 7 9 11 13 15 17	17 13 9 5 1	1 4 7 10 13	10 5 –	3 7 11	11 5	– 5	8 1	1 7	1	6	●	●	5	1	–	5	5	–
56	28 25 22 19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18	16 12 8 4 –	2 5 8 11 14	14 9 4	– 4 8	10 4	1 6	7 –	2 8	8 –	– 7	7	–	4	2	●	●	4	1
57	27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19	19 15 11 7 3	– 3 6 9 12	13 8 3	1 5 9	9 3	2 7	6	3	7	1	6	1	3	3	●	●	3	2
58	29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18	18 14 10 6 2	1 4 7 10 13	12 7 2	2 6 10	8 2	3 8	5	4	6	2	5	2	2	4	●	●	2	3
59	28 25 22 19 16 13 10 7 4 3	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19	17 13 9 5 1	2 5 8 11 14	11 6 1	3 7 11	7 1	4 9	4	5	5	3	4	3	1	5	●	●	1	4
60	30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	20 16 12 8 4 –	– 3 6 9 12 15	15 10 5 –	– 4 8 12	12 6 –	– 5 10	10 3	– 6	4	4	3	4	–	6	6	–	–	5

nM	(2;3)		(3;4)		(4;5)		(5;6)		(6;7)		(7;8)		(8;9)		(9;10)		(10;11)		(11;12)	
61	29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	1 3 5 9 11 13 15 17 19 21	19 15 11 7 3	1 4 7 10 13	14 9 4	1 5 9	11 5	1 6	9 2	1 7	3	5	2	5	●	●	5	1	●	●
62	31 28 25 22 19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	18 14 10 6 2	2 5 8 11 14	13 8 3	2 6 10	10 4	2 7	8 1	2 8	2	6	1	6	●	●	4	2	●	●
63	30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21	21 17 13 9 5 1	– 3 6 9 12 13	12 7 2	3 7 11	9 3	3 8	7 –	3 9	9 1	– 7	–	7	7	–	3	3	●	●
64	32 29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	20 16 12 8 4 –	1 4 7 10 13 16	16 11 6 1	– 4 8 12	8 2	4 9	6	4	8 –	1 8	8	–	6	1	2	4	●	●
65	31 28 25 22 19 16 13 10 7 4 1	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21	19 15 11 7 3	2 5 8 11 14	15 10 5 –	1 5 9 13	13 7 1	– 5 10	5	5	7	2	7	1	5	2	1	5	●	●
66	33 30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22	22 18 14 10 6 2	– 3 6 9 12 15	14 9 4	2 6 10	12 6 –	1 6 11	11 4	– 6	6	3	6	2	4	3	–	6	6	–
67	32 29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21	21 17 13 9 5 1	1 4 7 10 13 16	13 8 3	3 7 11	11 5	2 7	10 3	1 7	5	4	5	3	3	4	●	●	5	1
68	34 31 28 25 22 19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22	20 16 12 8 4 –	2 5 8 11 14 17	17 12 7 2	– 4 8 12	10 4	3 8	9 2	2 8	4	5	4	4	2	5	●	●	4	2
69	33 30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23	23 19 15 11 7 3	– 3 6 9 12 15	16 11 6 1	1 5 9 13	9 3	4 9	8 1	3 9	3	6	3	5	1	6	●	●	3	3
70	35 32 29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22	22 18 14 10 6 2	1 4 7 10 13 16	15 10 5 –	2 6 10 14	14 8 2	– 5 10	7 –	4 10	10 2	– 7	2	6	–	7	7	–	2	4
71	34 31 28 25 22 19 16 13 10 7 4 1	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23	21 17 13 9 5 1	2 5 8 11 14 17	14 9 4	3 7 11	13 7 1	1 6 11	6	5	9 1	1 8	1	7	●	●	6	1	1	5
72	36 33 30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24	24 20 16 12 8 4 –	– 3 6 9 12 15 18	18 13 8 3	– 4 8 12	12 6 –	2 7 12	12 5	– 6	8 –	2 9	9 –	– 8	8	–	5	2	–	6
73	35 32 29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23	23 19 15 11 7 3	1 4 7 10 13 16	17 12 7 2	1 5 9 13	11 5	3 8	11 4	1 7	7	3	8	1	7	1	4	3	●	●
74	37 34 31 28 25 22 19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24	22 18 14 10 6 2	2 5 8 11 14 17	16 11 6 1	2 6 10 14	10 4	4 9	10 3	2 8	6	4	7	2	6	2	3	4	●	●
75	36 33 30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25	25 21 17 13 9 5 1	– 3 6 9 12 15 18	15 10 5 –	3 7 11 15	15 9 3	– 5 10	9 2	3 9	5	5	6	3	5	3	2	5	●	●
76	38 35 32 29 26	– 2 4 6 8	24 20 16 12 8	1 4 7 10 13	19 14 9 4	– 4 8 12	14 8 2	1 6 11	8 1	4 10	4	6	5	4	4	4	1	6	●	●

nM	(2;3)		(3;4)		(4;5)		(5;6)		(6;7)		(7;8)		(8;9)		(9;10)		(10;11)		(11;12)	
	23	10	4	16																
	20	12	–	19																
	17	14																		
	14	16																		
	11	18																		
	8	20																		
	5	22																		
76	2	24																		
77	37	1	23	2	18	1	13	2	7	5	11	–	4	5	3	5	–	7	7	–
	34	3	19	5	13	5	7	7	–	11	3	7								
	31	5	15	8	8	9	1	12												
	28	7	11	11	3	13														
	25	9	7	14																
	22	11	3	17																
	19	13																		
	16	15																		
	13	17																		
	10	19																		
	7	21																		
	4	23																		
	1	25																		
78	39	–	26	–	17	2	12	3	13	–	10	1	3	6	2	6	●	●	6	1
	36	2	22	3	12	6	6	8	6	6	2	8								
	33	4	18	6	7	10	–	13												
	30	6	14	9	2	14														
	27	8	10	12																
	24	10	6	15																
	21	12	2	18																
	18	14																		
	15	16																		
	12	18																		
	9	20																		
	6	22																		
	3	24																		
	–	26																		
79	38	1	25	1	16	3	11	4	12	1	9	2	2	7	1	7	●	●	5	2
	35	3	21	4	11	7	5	9	5	7	1	9								
	32	5	17	7	6	11														
	29	7	13	10	1	15														
	26	9	9	13																
	23	11	5	16																
	20	13	1	19																
	17	15																		
	14	17																		
	11	19																		
	8	21																		
	5	23																		
	2	25																		
80	40	–	24	2	20	–	16	–	11	2	8	3	10	–	–	8	8	–	4	3
	37	2	20	5	15	4	10	5	4	8	–	10	1	8						
	34	4	16	8	10	8	4	10												
	31	6	12	11	5	12														
	28	8	8	14	–	16														
	25	10	4	17																
	22	12	–	20																
	19	14																		
	16	16																		
	13	18																		
	10	20																		
	7	22																		
	4	24																		
	1	26																		
81	39	1	27	–	19	1	15	1	10	3	7	4	9	1	9	–	7	1	3	4
	36	3	23	3	14	5	9	6	3	9			–	9						
	33	5	19	6	9	9	3	11												
	30	7	15	9	4	13														
	27	9	11	12																
	24	11	7	15																
	21	13	3	18																
	18	15																		
	15	17																		
	12	19																		
	9	21																		
	6	23																		
	3	25																		
	–	27																		
82	41	–	26	1	18	2	14	2	9	4	6	5	8	2	8	1	6	2	2	5
	38	2	22	4	13	6	8	7	2	10										
	35	4	18	7	8	10	2	12												
	32	6	14	10	3	14														
	29	8	10	13																
	26	10	6	16																
	23	12	2	19																
	20	14																		
	17	16																		
	14	18																		
	11	20																		
	8	22																		
	5	24																		
	2	26																		
83	40	1	25	2	17	3	13	3	8	5	5	6	7	3	7	2	5	3	1	6
	37	3	21	5	12	7	7	8	1	11										
	34	5	17	8	7	11	1	13												
	31	7	13	11	2	15														
	28	9	9	14																
	25	11	5	17																
	22	13	1	20																
	19	15																		
	16	17																		
	13	19																		
	10	21																		
	7	23																		
	4	25																		
83	1	27																		
84	42	–	28	–	21	–	12	4	14	–	12	–	6	4	6	3	4	4	–	7
	39	2	24	3	16	4	7	9	6	6	4	7								
	36	4	20	6	11	8	–	14	–	12										
	33	6	16	9	6	12														
	30	8	12	12	1	16														
	27	10	8	15																
	24	12	4	18																
	21	14	–	21																
	18	16																		
	15	18																		
	12	20																		
	9	22																		
	6	24																		
	3	26																		
	–	28																		
85	41	1	27	1	20	1	17	–	13	1	11	1	5	5	5	4	3	5	●	●
	38	3	23	4	15	5	11	5	6	7	3	8								
	35	5	19	7	10	9	5	10												
	32	7	15	10	5	13														
	29	9	11	13	–	17														
	26	11	7	16																
	23	13	3	19																
	20	15																		
	17	17																		
	14	19																		
	11	21																		
	8	23																		
	5	25																		
	2	27																		
86	43	–	26	2	19	2	16	1	12	2	10	2	4	6	4	5	2	6	●	●
	40	2	22	5	14	6	10	6	5	8	2	9								
	37	4	18	8	9	10	4	11												
	34	6	14	11	4	14														
	31	8	10	14																
	28	10	6	17																
	25	12	2	20																
	22	14																		
	19	16																		
	16	18																		
	13	20																		
	10	22																		
	7	24																		
	4	26																		
	1	28																		
87	42	1	29	–	18	3	15	2	11	3	9	3	3	7	3	6	1	7	●	●
	39	3	25	3	13	7	9	7	4	9	1	10								
	36	5	21	6	8	11	3	12												
	33	7	17	9	3	15														
	30	9	13	12																
	27	11	9	15																
	24	13	5	18																
	21	15	1	21																
	18	17																		
	15	19																		
	12	21																		
	9	23																		
	6	25																		
	3	27																		
	–	29																		
88	44	–	28	1	22	–	14	3	10	4	8	4	11	–	2	7	–	8	8	–
	41	2	24	4	17	4	8	8	3	10	–	11	2	8						
	38	4	20	7	12	8	2	13												
	35	6	16	10	7	12														
	32	8	12	13	2	16														
	29	10	8	16																
	26	12	4	19																
	23	14	–	22																
	20	16																		
	17	18																		
	14	20																		
	11	22																		
	8	24																		
	5	26																		
	2	28																		
89	43	1	27	2	21	1	13	4	9	5	7	5	10	1	1	8	●	●	7	1
	40	3	23	5	16	5	7	9	2	11			1	9						
	37	5	19	8	11	9	1	14												
	34	7	15	11	6	13														
	31	9	11	14	1	17														
	28	11	7	17																
	25	13	3	20																
	22	15																		

nM	(2;3)		(3;4)		(4;5)		(5;6)		(6;7)		(7;8)		(8;9)		(9;10)		(10;11)		(11;12)	
89	19 16 13 10 7 4 1	17 19 21 23 25 27 29																		
90	45 42 39 36 33 30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30	30 26 22 18 14 10 6 2	– 3 6 9 12 15 18 21	20 15 10 5 –	2 6 10 14 18	18 12 6 –	– 5 10 15	15 8 1	– 6 12	6	6	9 –	2 10	10 –	– 9	9	–	6	2
91	44 41 38 35 32 29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29	29 25 21 17 13 9 5 1	1 4 7 10 13 16 19 22	19 14 9 4	3 7 11 15	17 11 5	1 6 11	14 7 –	1 7 13	13 5	– 7	8	3	9	1	8	1	5	3
92	46 43 40 37 34 31 28 25 22 19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30	28 24 20 16 12 8 4 –	2 5 8 11 14 17 20 23	23 18 13 8 3	– 4 8 12 16	16 10 4	2 7 12	13 6	2 8	12 4	1 8	7	4	8	2	7	2	4	4
93	45 42 39 36 33 30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31	31 27 23 19 15 11 7 3	 3 6 9 12 15 18 21	22 17 12 7 2	1 5 9 13 17	15 9 3	3 8 13	12 5	3 9	11 3	2 9	6	5	7	3	6	3	3	5
94	47 44 41 38 35 32 29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30	30 26 22 18 14 10 6 2	1 4 7 10 13 16 19 22	21 16 11 6 1	2 6 10 14 18	14 8 2	4 9 14	11 4	4 10	10 2	3 10	5	6	6	4	5	4	2	6
95	46 43 40 37 34 31 28	1 3 5 7 9 11 13	29 25 21 17 13 9 5	2 5 8 11 14 17 20	20 15 10 5 –	3 7 11 15 19	19 13 7 1	– 5 10 15	10 3	5 11	9 1	4 11	4	7	5	5	4	5	1	7
95	25 22 19 16 13 10 7 4 1	15 17 19 21 23 25 27 29 31	1	23																
96	48 45 42 39 36 33 30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32	32 28 24 20 16 12 8 4 –	– 3 6 9 12 15 18 21 24	24 19 14 9 4	– 4 8 12 16	18 12 6 –	1 6 11 16	16 9 2	– 6 12	8 –	5 12	12 3	– 8	4	6	3	6	–	8
97	47 44 41 38 35 32 29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31	31 27 23 19 15 11 7 3	1 4 7 10 13 16 19 22	23 18 13 8 3	1 5 9 13 17	17 11 5	2 7 12	15 8 1	1 7 13	7	6	11 2	1 9	3	7	2	7	●	●
98	49 46 43 40 37 34 31 28 25 22 19 16 13 10 7 4 1	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32	30 26 22 18 14 10 6 2	2 5 8 11 14 17 20 23	22 17 12 7 2	2 6 10 14 18	16 10 4	3 8 13	14 7 –	2 8 14	14 6	– 7	10 1	2 10	2	8	1	8	●	●
99	48 45 42 39 36 33 30 27 24 21 18 15 12 9 6 3 –	1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29 31 33	33 29 25 21 17 13 9 5 1	– 3 6 9 12 15 18 21 24	21 16 11 6 1	3 7 11 15 19	15 9 3	4 9 14	13 6	3 9	13 5	1 8	9 –	3 11	11 1	– 9	–	9	9	–
100	50 47 44 41 38 35 32 29 26 23 20 17 14 11 8 5 2	– 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32	32 28 24 20 16 12 8 4 –	1 4 7 10 13 16 19 22 25	25 20 15 10 5 –	– 4 8 12 16 20	20 14 8 2	– 5 10 15	12 5	4 10	12 4	2 9	8	4	10 –	1 10	10	–	8	1

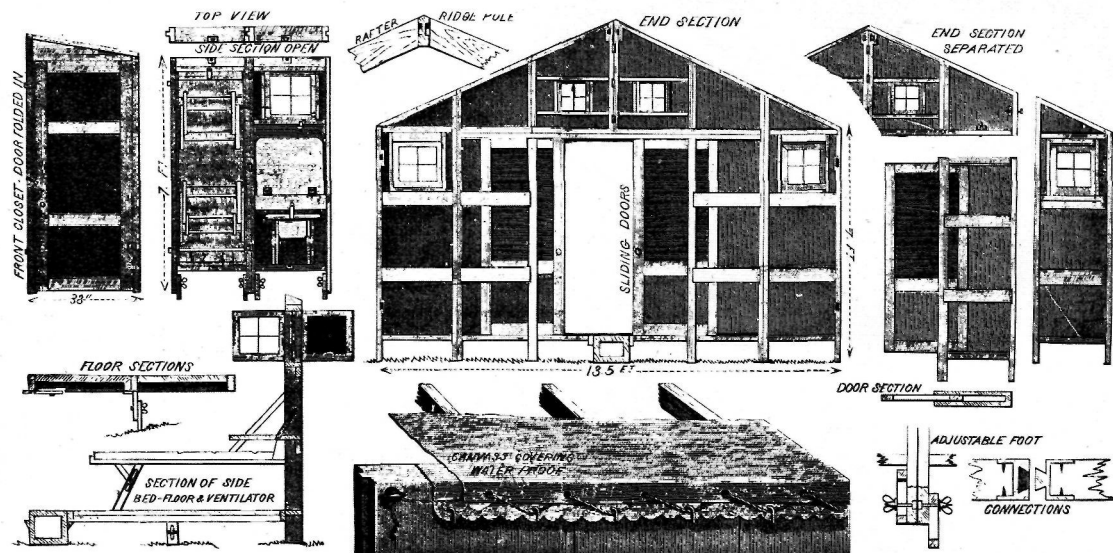
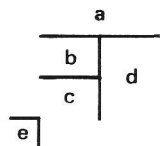
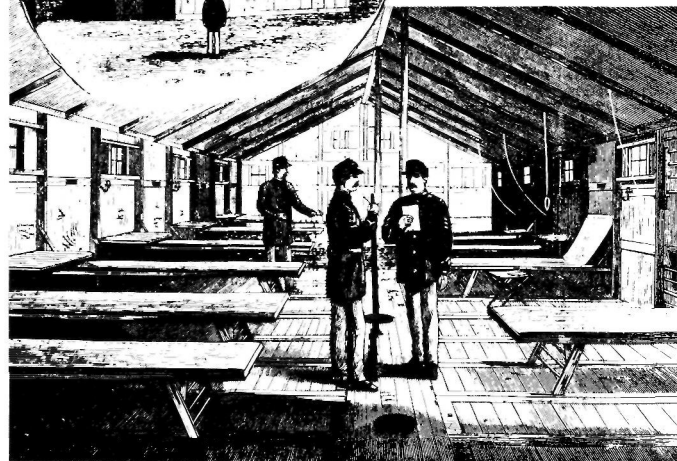
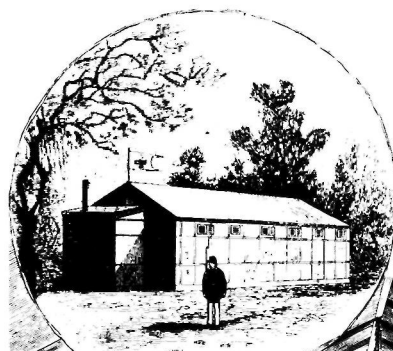
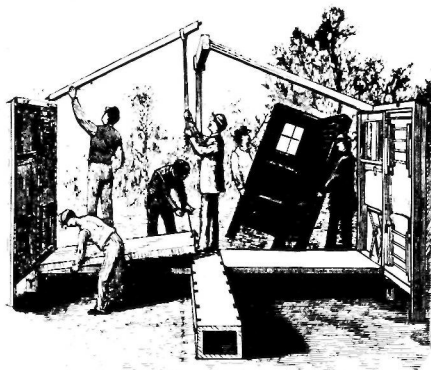
DA 106 A 158

TAV. 106. — LA NORMALIZZAZIONE E L'UNIFICAZIONE

a | b
c |
d | e

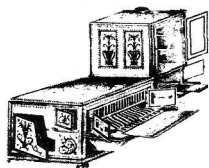
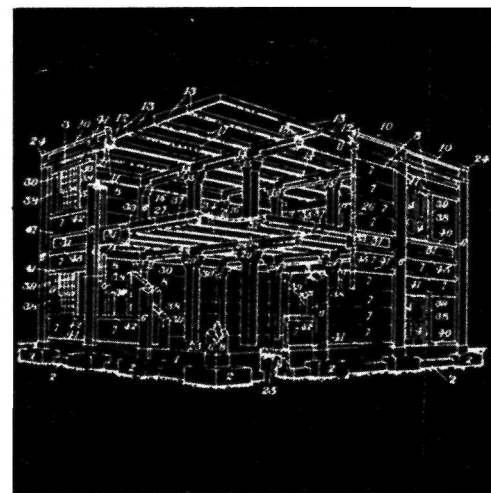
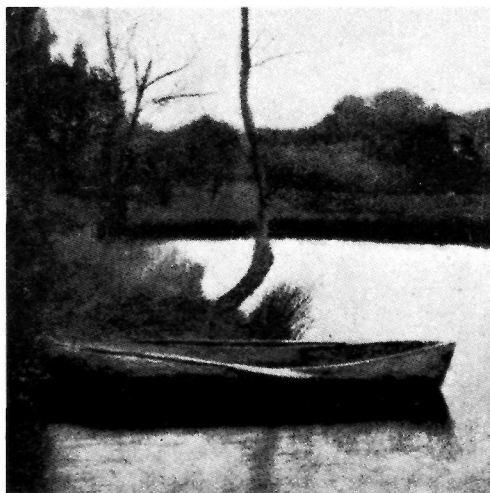
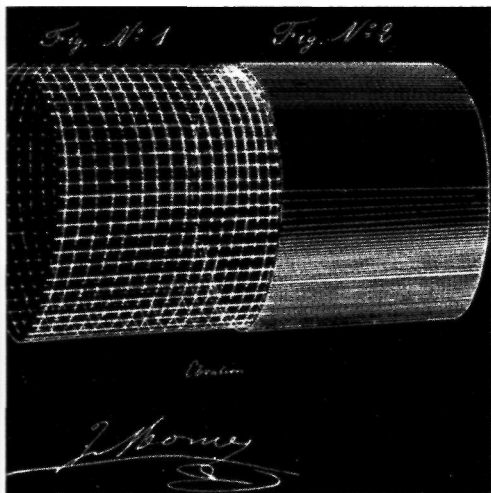
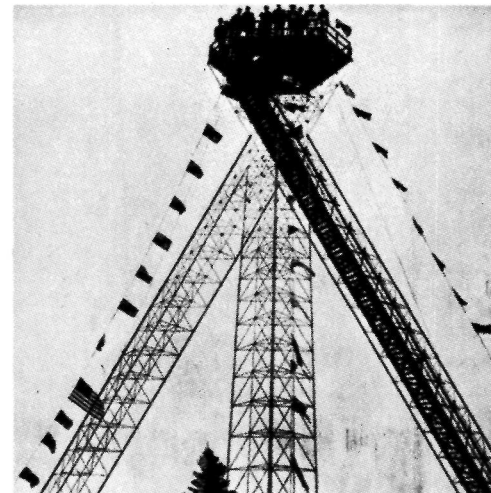
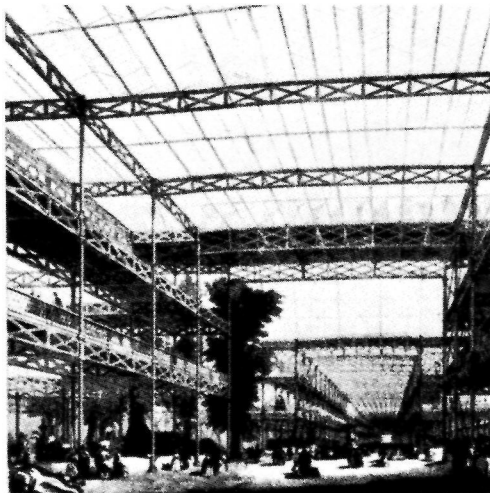
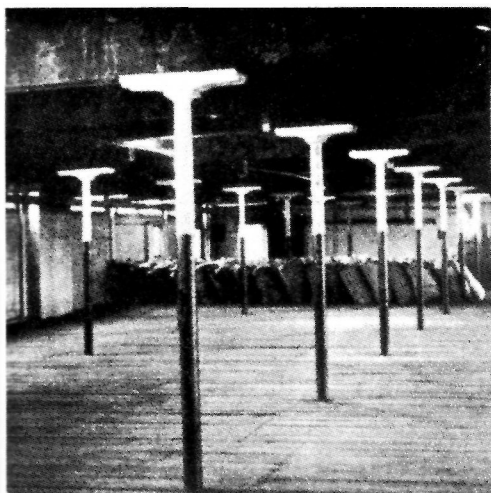
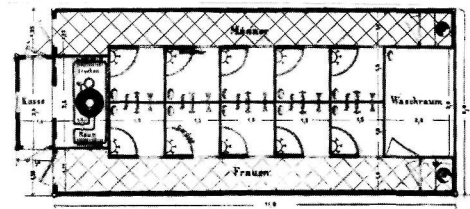
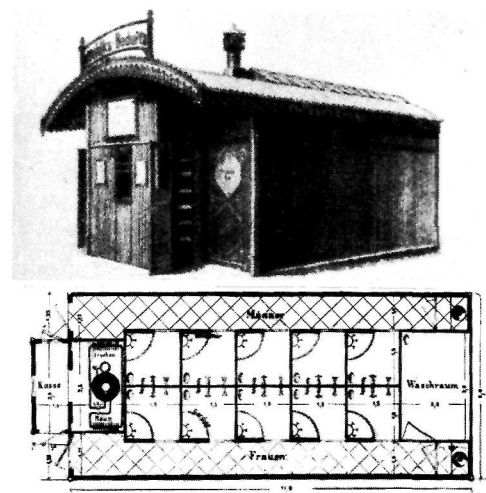
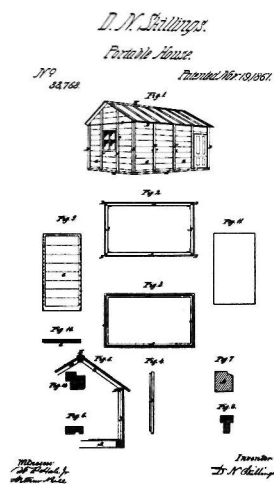
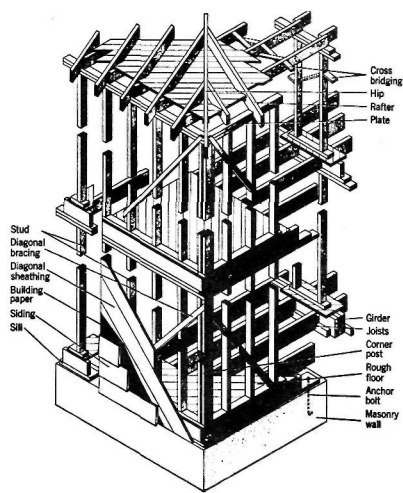
La normalizzazione e l'unificazione dell'oggetto edilizio è condizione necessaria per un organico processo di industrializzazione ai fini della qualità ed omogeneità del prodotto, della produzione di serie, del migliore utilizzo dei mezzi di lavoro, dell'adozione di procedimenti razionali ed economici. Il criterio di «normalizzare» e «unificare» è comunque antico nel tempo e in tal senso è emblematica la progettazione e la costruzione delle case giapponesi. Da secoli le abitazioni del Giappone sono conseguenti ad una normalizzazione degli ambienti, dei serramenti, dello scheletro portante, delle tamponature, dei divisori, delle chiusure di copertura e di base, ridotti come tipi dall'unificazione delle dimensioni. Elemento fondamentale per il coordinamento dimensionale in pianta dell'abitazione sono i «tatami », cioè le stuoie (dello spessore di 5 cm) formate con l'intreccio di giunchi e paglia di riso e che costituiscono il pavimento. I tatami hanno dimensioni in lunghezza e larghezza tali da determinare in varie dimensioni un vano utile compatibile con gli interassi e lo spessore degli elementi dello scheletro portante.

Dopo l'incendio di Tokio del 1657 furono stabiliti dei princìpi tassativi di normalizzazione e di unificazione sia per i tipi di abitazione sìa per i componenti edilizi; in tal modo si rese più rapida ed economica l'opera di ricostruzione.

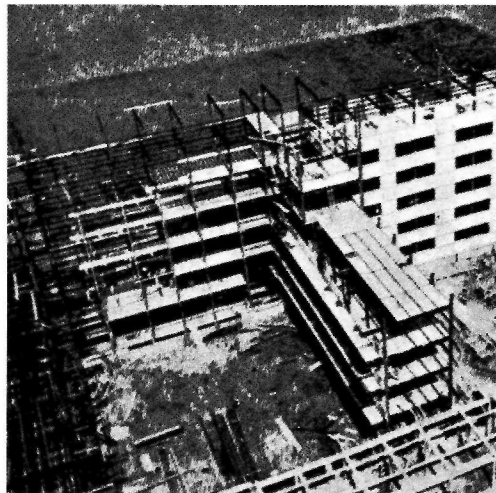
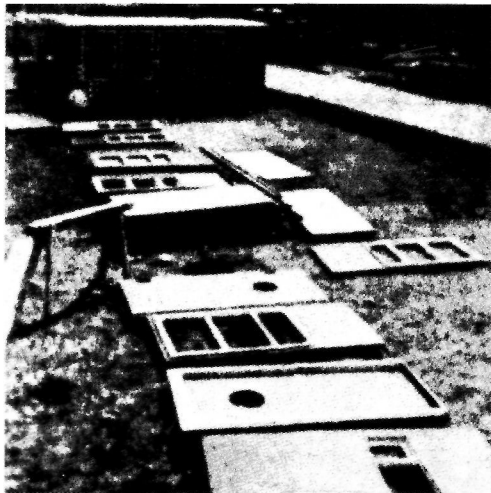
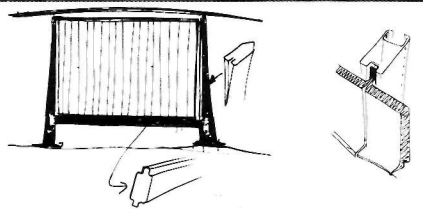
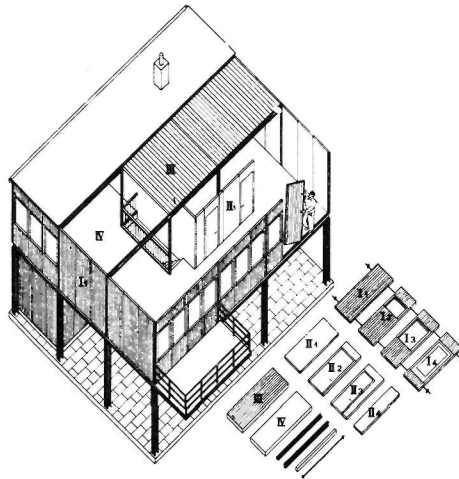
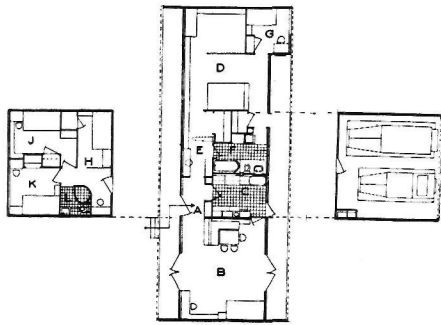
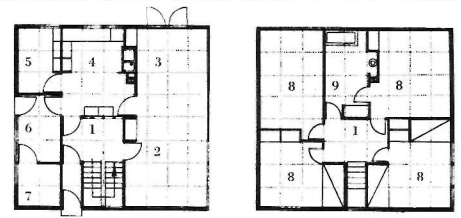
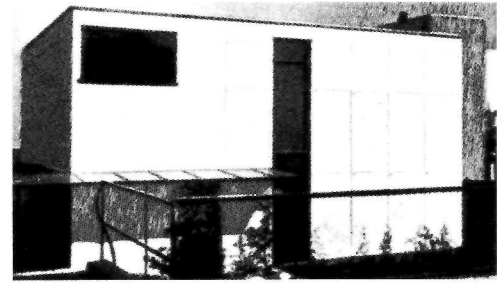
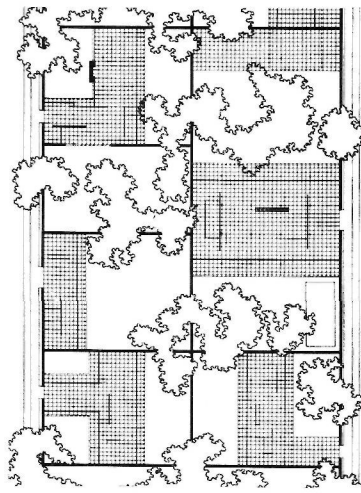
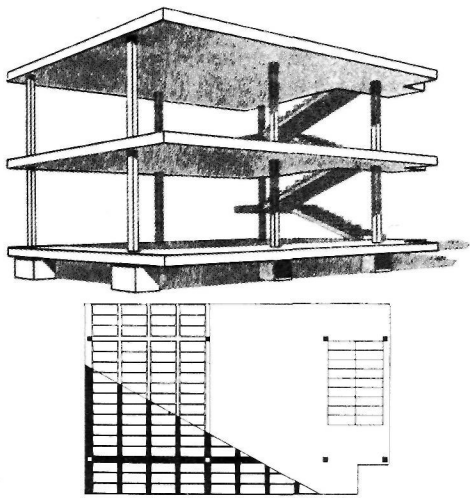
a, componenti: 1, «shoji», pannello-facciata; 2, «fusuma», partizione scorrevole; 3, «tatami», stuoia; b, ambienti ottenuti in base alle dimensioni unificate del «tatami»; e, abitazione basata sul reticolo 1/2 x 1/2 ken; d, conformazioni del «tana», nicchia per oggetti vari; e, interno del nuovo Goten del palazzo imperiale di Katsura (1658).

TAVV. 107-108. — L'EDILIZIA INDUSTRIALIZZATA

Con **edilizia industrializzata** si intende la produzione industriale di organismi edilizi: il processo di industrializzazione non si limita agli oggetti edilizi intermedi, ma investe l'oggetto edilizio finale. L'edilizia industrializzata è conseguente alla trasformazione strutturale che ha subito il settore edilizio dal 1800 ad oggi. In questo periodo sono stati introdotti procedimenti industrializzati per la produzione di materie prime, di materiali base e di elementi costruttivi base, nonché di elementi costruttivi funzionali fino a coinvolgere l'intero organismo; al tempo stesso è avvenuta la meccanizzazione e l'organizzazione programmata del cantiere (vedi pag. 64). Questa schematizzazione è valida per riassumere il processo evolutivo sotto il profilo tecnologico, tuttavia l'industrializzazione del settore edilizio è avvenuta per un intreccio di eventi e iniziative che hanno coinvolto non soltanto l'industria, ma anche il mondo scientifico e culturale, nonché quello politico e socio-economico. Protagonisti di un tale processo sono stati, e sono tuttora, non solo gli industriali, ma anche gli operai, non solo i tecnologi e gli ingegneri, ma anche gli architetti e gli uomini di cultura, non solo gli operatori finanziari ma anche i politici e gli economisti, in un intricato contesto di conflittualità e di convergenze a livello ideologico, politico e socio-economico. Quindi un'analisi storica del processo di trasformazione che ha subito l'edilizia non può prescin-

a, b, e, d, ospedale da campo prefabbricato in legno e in tela della « Building Sistems Development inc. », USA (1886); e, blocco-cucina in ghisa, USA (1848).

a	b	c
d	e	f
g	h	i

(segue)

dere dal considerare contestualmente una tale molteplicità di aspetti. In riferimento specifico all'edilizia industrializzata, si può riscontrare che l'intenzionalità di produrre in officina l'organismo edilizio prefabbricato risale a tempi lontani (nel 1727 furono inviate da New Orleans alle Indie Occidentali case smontabili in legno); diviene realtà concreta nella 2ª metà dell'800, anche se la produzione industriale era volta ad organismi a carattere provvisorio o con destinazioni particolari. Nello stesso periodo inizia il rinnovamento delle attrezzature domestiche con i primi blocchi-cucina in ghisa, antenati dei moderni blocchi-funzionali. Molte sono state le iniziative che hanno avuto un effetto promozionale sull'edilizia industrializzata, ci si limita a richiamarne solo alcune. Di notevole interesse, in particolare per le costruzioni in legno e in generale per affermare l'importanza della normalizzazione e unificazione, è stata la codificazione del procedimento a « ballon frame» da parte di S. G. Snow (1833). Di notevole importanza la produzione di elementi portanti in ghisa (intorno alla

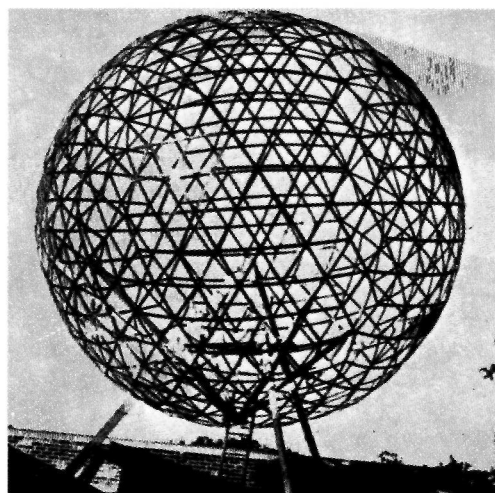
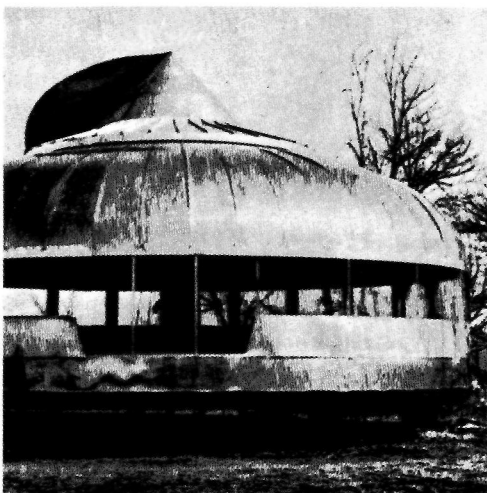
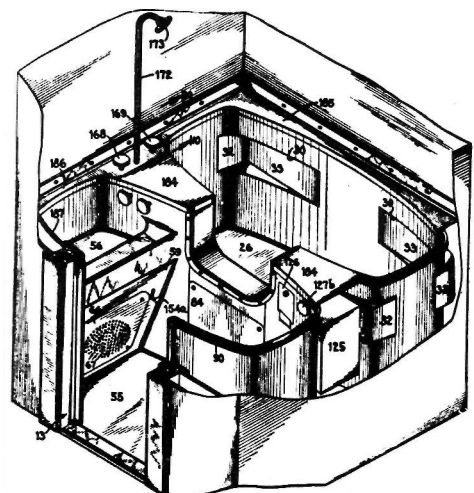
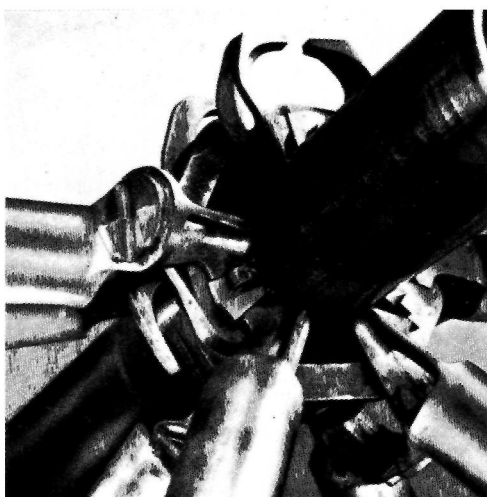
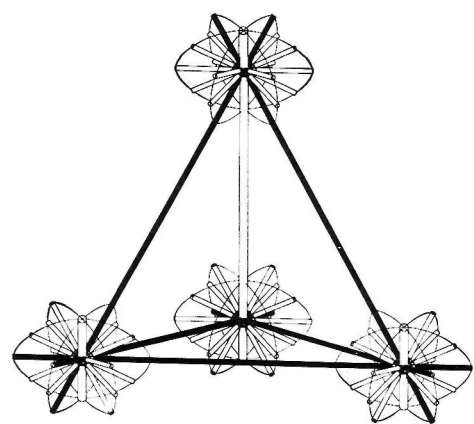
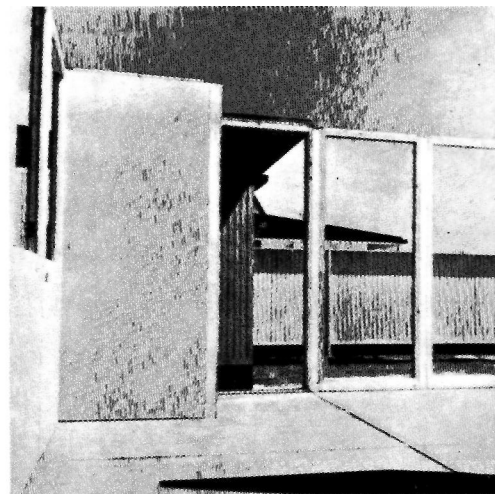
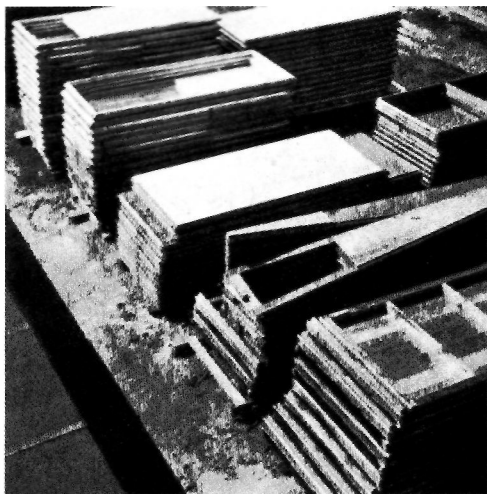
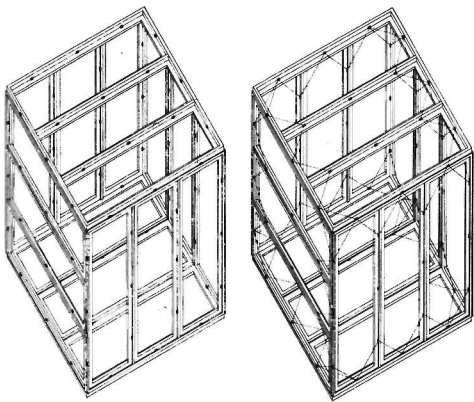
a, procedimento detto « Ballom Frame » o « Basket Frame » (ossatura a canestro) in elementi costruttivi di legno normalizzati, S. W. Snow (1833); b, costruzione smontabile a pannelli in legno molto diffusa negli U.S.A. intorno al 1850; e, boxes per docce prefabbricati in lamiera (Germania, 1883); d, colonne di ghisa in una fabbrica di birra, Soutwark (Inghilterra, 1820); e, veduta interna del Christal Palace (J. Paxton, 1850), in elementi prefabbricati in ghisa e ferro; f, «torre belvedere» smontabile di A. G. Bell in elementi prefabbricati, realizzata per studiare i tralicci spaziali; g, disegni del brevetto di J. Monier per tubi in c.a. (1867); h, barca in e.a. di J. L. Lombat (1848), presentata all'Espo di Parigi (1855); i, brevetto di J. E. Conzelmann (1912) per un edificio in elementi prefabbricati in c.a.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAVV. 109-110. — L'EDILIZIA INDUSTRIALIZZATA

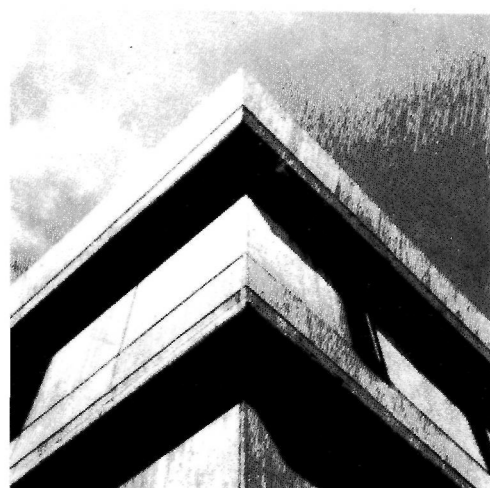
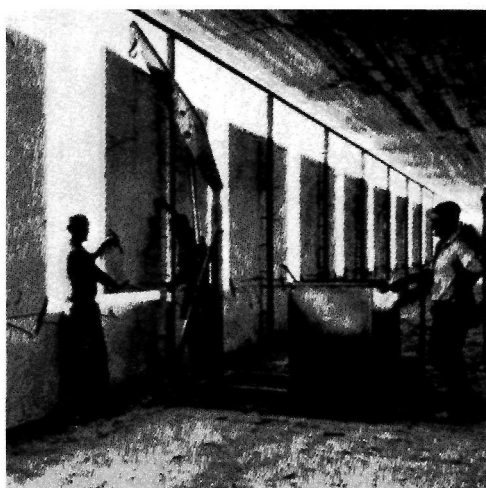
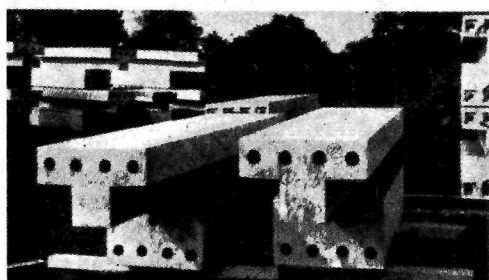
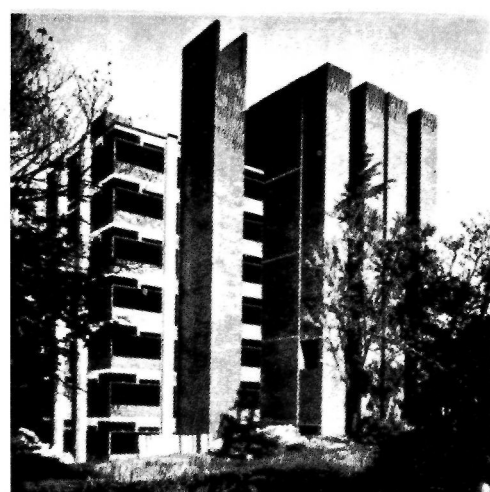
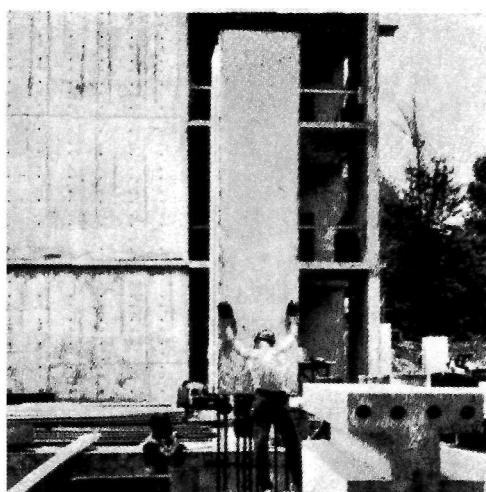
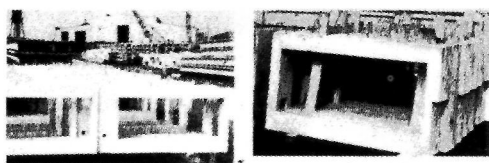
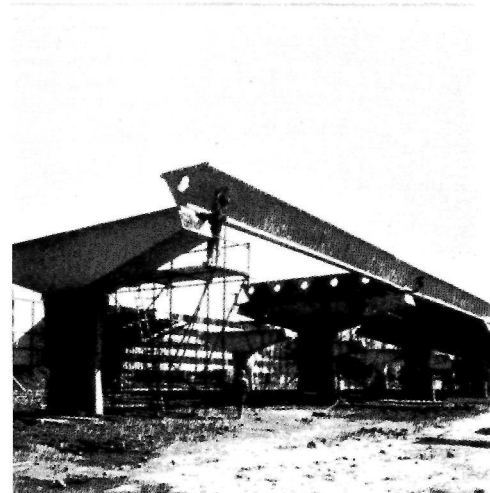
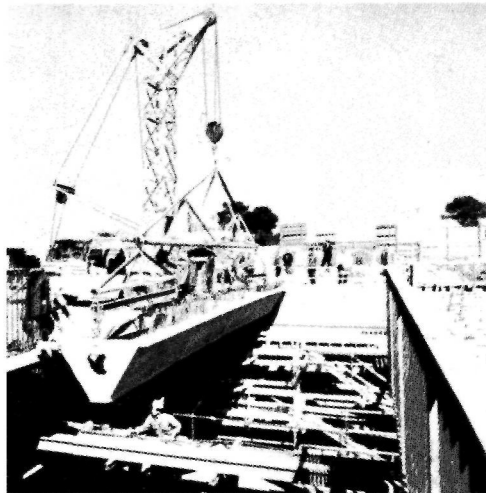
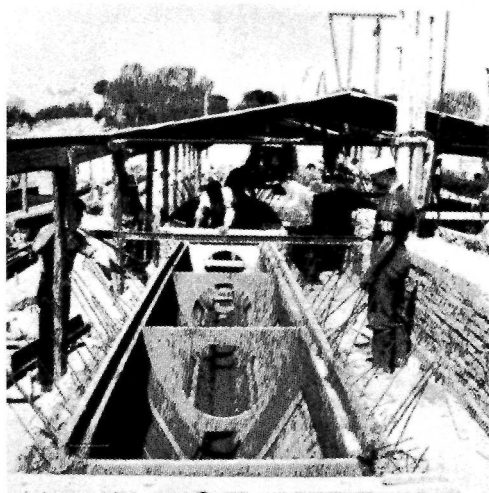
(segue da Tav. 108)

metà del XIX sec.) e poi in acciaio per migliorare l'agibilità di edifici industriali, che ha dato il via alla produzione di capannoni industriali prefabbricati. Sotto il profilo progettuale sono da ricordare le opere del Paxton, che già nel 1850 con il Christal Palace poneva le basi per un'edilizia industrializzata come oggi la si intende, e le esperienze alla fine del XIX sec. di A. G. Bell (con i suoi tralicci spaziali precorre Wachsman e Füller). Gli ingegneri dell'800 hanno promosso un profondo rinnovamento tecnologico, incidendo sull'evoluzione dei procedimenti costruttivi (scheletri indipendenti in acciaio e in c.a.); basterà ricordare Eiffel, Monier, Lambot, Coignet, Hennibique, Perret, Conzelmann, ecc. Significative per una evoluzione dei procedimenti costruttivi in rapporto al rinnovamento architettonico le opere di J. Bogardus, M. Le Baron

a, la «Maison dom-ino» di Le Corbusier (1917); b, Mies Van der Rohe, progettazione su reticolo modulare; c, casa sperimentale con elementi prefabbricati montati « a secco » nel quartiere sperimentale Weissenhof esposizione «Wohnung » del Deutcher Werkbund (W. Gropius, 1927); d, case prefabbricate «one plus two » di R. Neutra (1926); e, casa prefabbricata in Norvegia (E. Gronr, 1938); f, prototipo di casa da produrre industrialmente (J. Prouvè, 1939); g, casa prefabbricata con scheletro in acciaio e chiusure verticali in acciaio e rame (O. Bartming, concorso «Le case crescenti», Berlino, 1932); h, cantiere industrializzato della Città de la Muette a Drancy (M. Lodse e E. Beandamin, 1923); i, montaggio «a secco» di un pannello-facciata (M. Lods e E. Beandamin, 1935).

a	b	c
d	e	f
g	h	i

(segue)

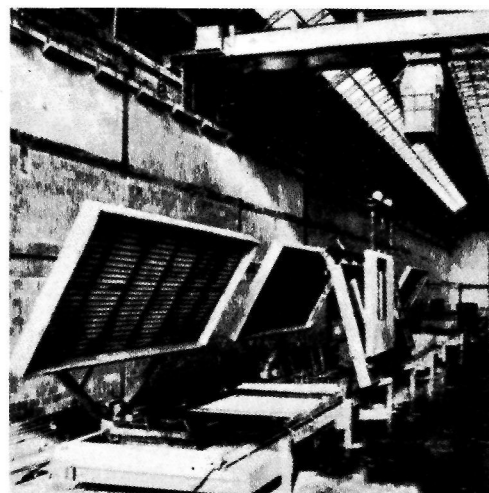
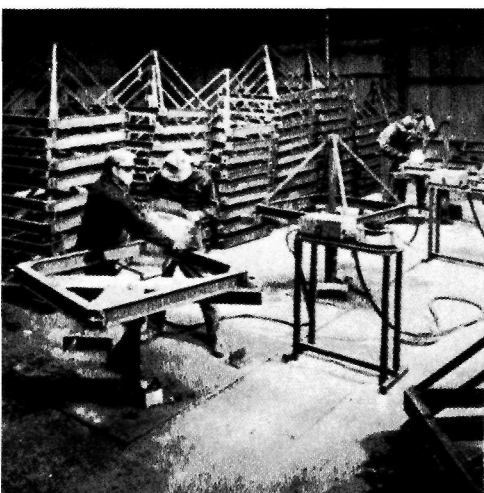
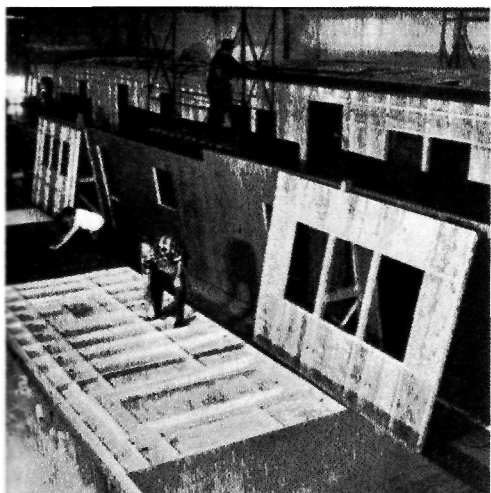
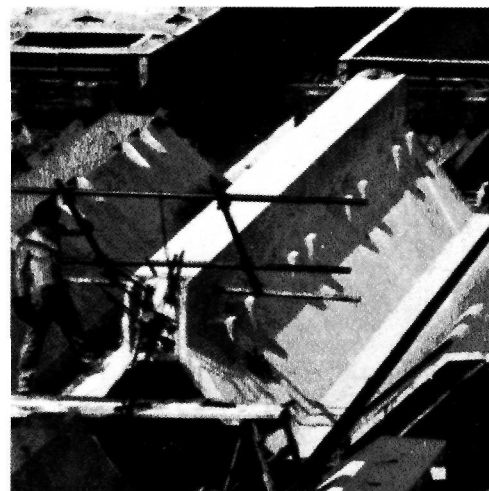
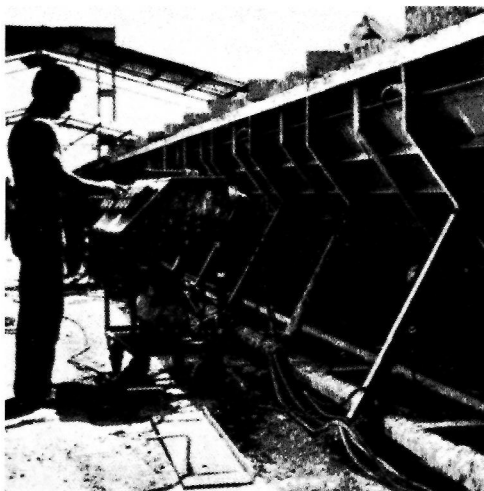
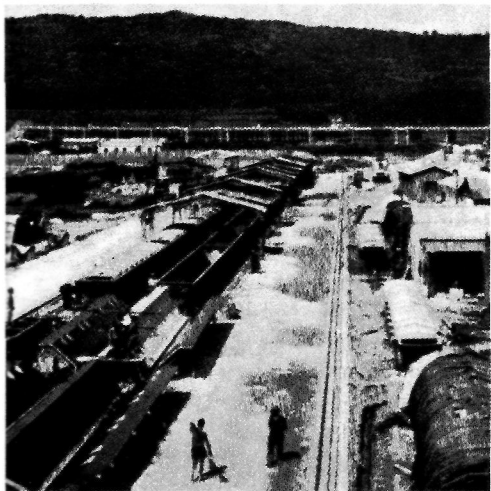
Jenney, J. W. Root, Burnham, Sullivan, Adler, ecc. Il primo approccio sistematico allo studio dei procedimenti industrializzati, in termini di architettura e di urbanistica, è stato promosso dai protagonisti del movimento moderno (da Le Corbusier a Mies Van Der Rohe, da Gropius a Neutra, ecc.); mentre con le esperienze del Wachsmann e del Fùller si ha un primo studio programmatico e tecnologico ai fini di un'edilizia industrializzata; sotto questo profilo sono da menzionare le opere odierne di F. Otto. L'edilizia industrializzata negli anni '20 è un prodotto corrente negli USA per la realizzazione di case in legno; in Europa diviene una realtà a livello quantitativo dagli anni '30 e si sviluppa in modo intenso dopo la 2ª guerra mondiale per far fronte alla necessità della ricostruzione e al fenomeno dell'inurbamento.
Con l'edilizia industrializzata si è visto un mezzo per risolvere quantitativamente la domanda sempre crescente e pressante del bene edilizio, tuttavia, distorta da interessi economici e da una visione tecnicistica, non ha pienamente risposto sul piano qualitativo, dando spesso luogo alle «città dormitorio».

a, b, c, Wachsman e W. Gropius, procedimento « General Pannels » (1941); d, e, Wachsman, procedimento in elementi tetraedrici in acciaio (grandi tettoie dell'aviazione USA, 1951); g, disegno per il brevetto del blocco ambiente per la «casa Dimaxion» (B. Fuller, 1937); h, « casa Wichita» in elementi di acciaio, alluminio e plexiglas (B. Fùller, 1946); i, globo «Minni» (B. Fùller, 1932).

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAVV. 111-112. — LA PREFABBRICAZIONE

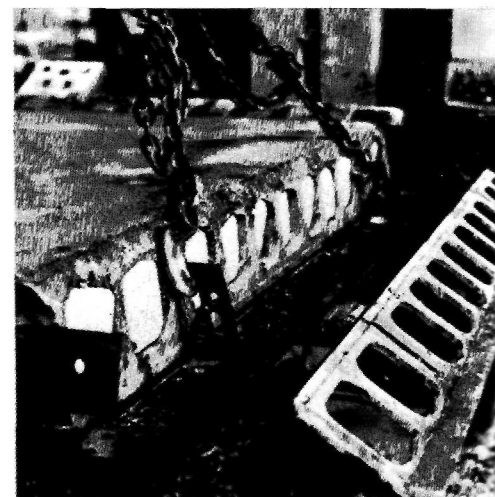
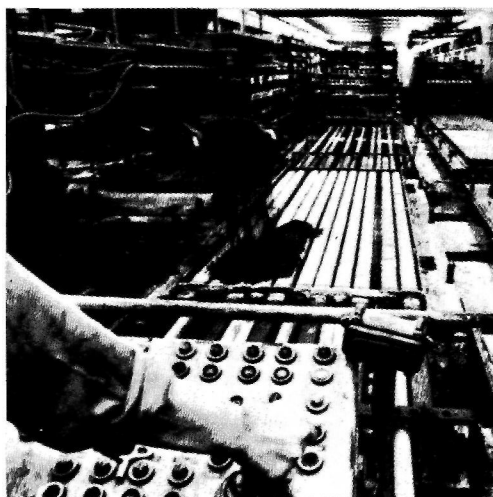
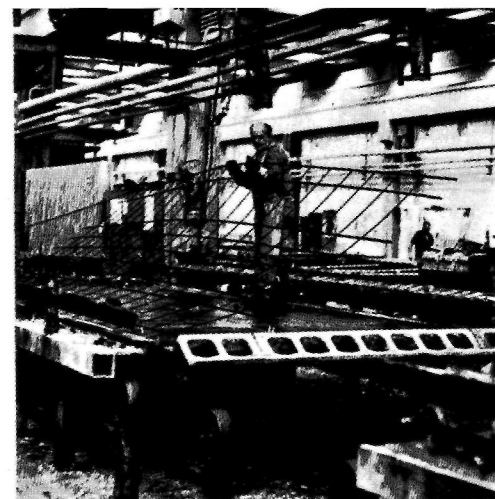
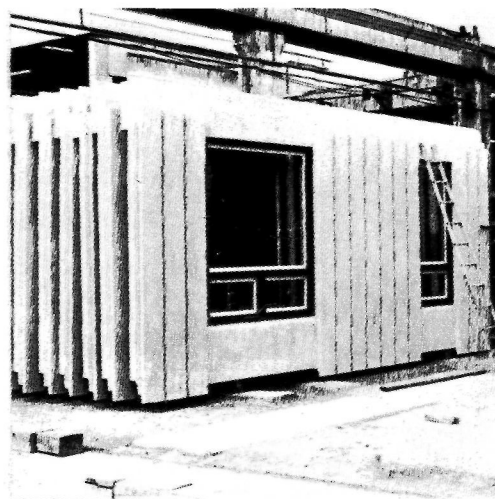
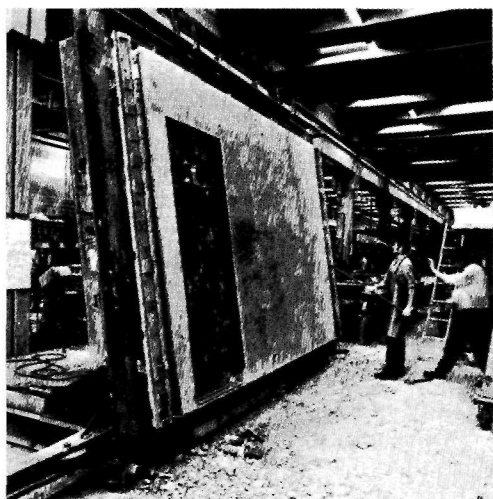
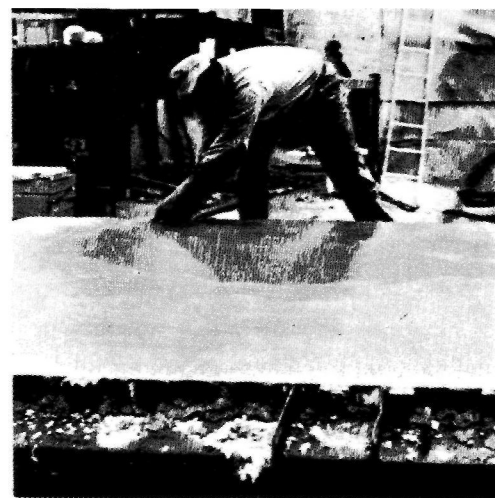
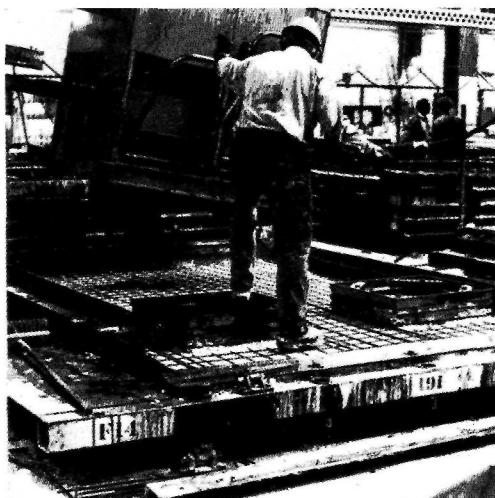
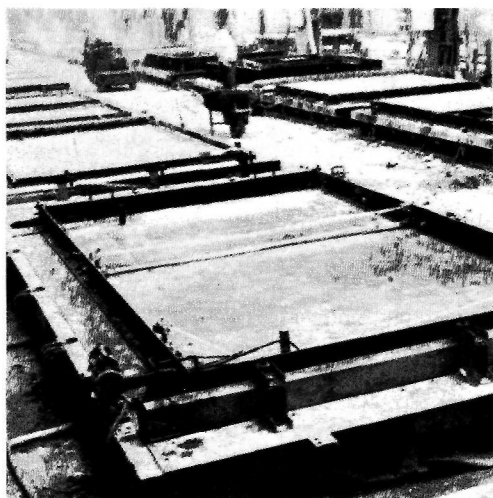
Come già detto (vedi Tav. 18), il criterio di predisporre fuori opera o a pie d'opera dei «pezzi» pronti per essere impiegati nella costruzione di un organismo edilizio o di un'opera infrastrutturale è antico nel tempo; riuscire a ridurre le operazioni in opera ha sempre significato voler diminuire le difficoltà di determinate lavorazioni, i tempi e i costi di costruzione e al tempo stesso conseguire migliori capacità prestazionali dell'elemento costruttivo.
Se a livello di elementi costruttivi base ciò significa «preformare» o «preassemblare» (vedi anche Tavv. 56-57), a livello di elementi costruttivi funzionali e di elementi di fabbrica significativa «prefabbricare» (vedi anche Tavv. 53-54). La **prefabbricazione** può essere finalizzata per produrre tutti o parte degli elementi costruttivi funzionali necessari per realizzare un'opera edilizia «unica», cioè un oggetto per definizione «irripetibile». In questo caso si ha una razionalizzazione del processo cantieristico finalizzato agli obiettivi sopramenzionati, che si risolve, sin dalla fase di progetto, nell'individuare le parti da prefabbricare a piè d'opera o fuori opera a seconda delle loro caratteristiche e della convenienza economica.

a, b, c, viadotto a Roma, P. L. Nervi: realizzazione a piè d'opera degli elementi dell'impalcato; d, e, f, laboratorio per ricerche mediche all'Università di Pensylvania, L. I. Kahn: elementi dello scheletro portante prefabbricati in officina (d), posa in opera di un pilastro (e); g, h, i. Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari, E. Mandolesi: prefabbricazione a pie d'opera dei pannelli-facciata (g), posa in opera dei pannelli (h).

l	m	n
o	p	q
r	s	t

(segue)

Il « pezzo » da prefabbricare può essere al limite unico, ma in genere si tende, attraverso un processo di unificazione nell'ambito del progetto, a individuare «famiglie di pezzi» uguali per aumentare, ovviamente, i benefici insiti nella prefabbricazione. Comunque il numero dei « pezzi » uguali da prefabbricare, per quanto possa essere grande l'opera da realizzare, non potrà (salvo casi eccezionali) aver valori tali da comportare la «serie» nel senso industriale del termine. Ciò non vuol dire che per tale tipo di prefabbricazione non si possano utilizzare le tecnologie più avanzate: dalla prefabbricazione a piè d'opera con, procedimenti artigianali, che si avvalgono sempre più della meccanizzazione nell'ambito del cantiere, si può passare alla prefabbricazione in officina di tipo artigianale o industriale; in quest'ultimo caso la produzione sarà «fuori serie» rispetto alla produzione standard seriale dell'officina.

(continua a pag. 290)

l, m, n, prefabbricazione a pie d'opera di pannelli-facciata per il quartiere di V. Valtrunplina a Brescia, Consorzio Cooperative Produzione e Lavoro; o, p, q, impianto in officina foranea per la prefabbricazione a piè d'opera degli elementi di scheletro portante e della copertura, in c.a. e c.a.p., applicato per la costruzione di stabilimenti Olivetti a Crema, Marcianise e Scarmagnano (tempi medi di montaggio 500 mq/giorno); r, prefabbricazione in officina di pannelli-facciata in legno; s, prefabbricazione in officina di elementi spaziali in acciaio per chiusure orizzontali; t, prefabbricazione in officina di pannelli portanti in c.a.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

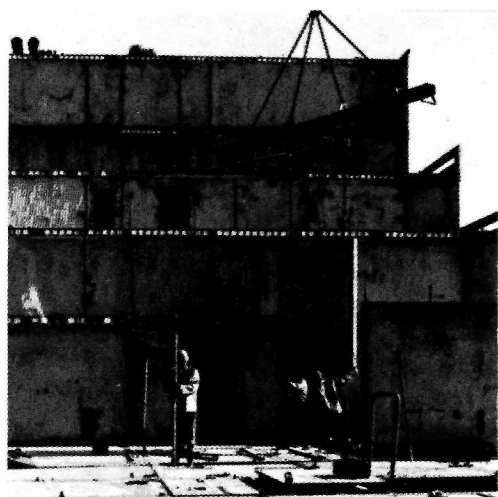
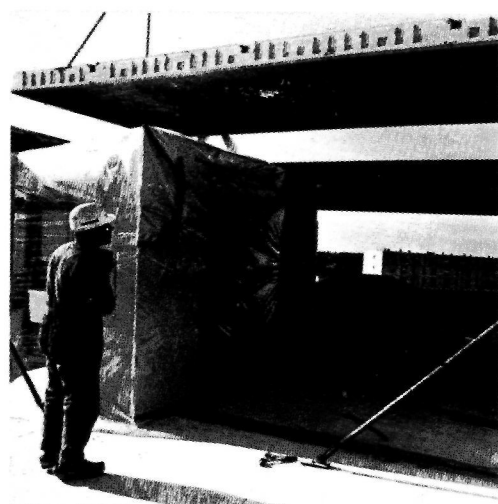
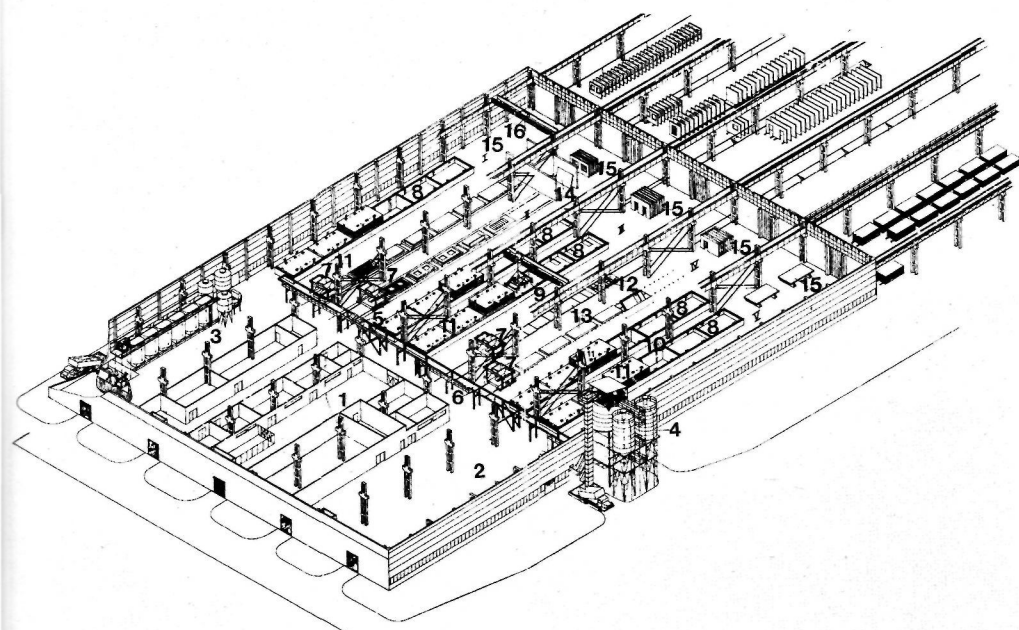
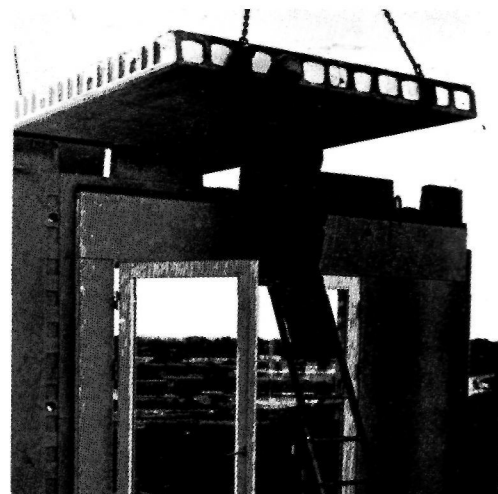
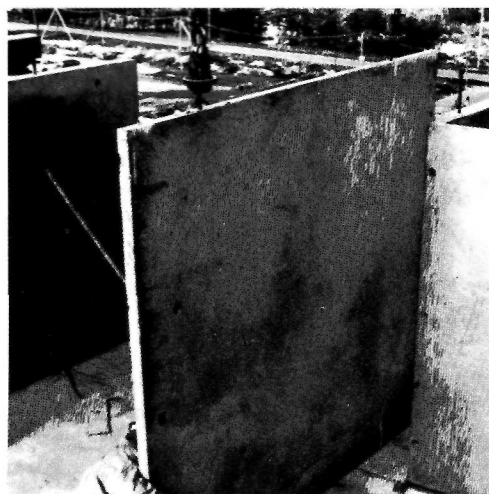
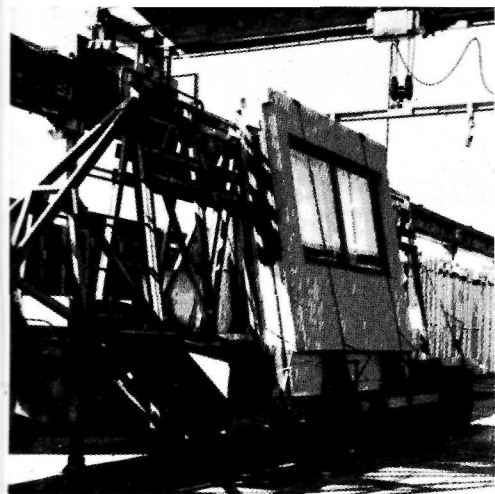
TAVV. 113-114. — PREFABBRICAZIONE INDUSTRIALE

Procedimento costruttivo industrializzato danese che in base ad una progettazione di uno specifico complesso edilizio produce gli elementi necessari per realizzarlo. In particolare vengono prodotti in officina pannelli-parete portanti e pannelli-solaio in c.a., cioè i «setti» da montare in opera e da collegare mediante giunto «bagnato». Da un punto di vista geometrico-costruttivo l'apparecchiatura costruttiva si configura « piana ». Questo procedimento è tipico dell'edilizia industrializzata finalizzata alla realizzazione di specifici tipi edilizi, cioè a «ciclo chiuso». Infatti l'iter progettuale è il seguente: progettazione dell'organismo edilizio e sua disaggregazione in elementi costruttivi funzionali da prefabbricare in officina secondo le tecnologie che offre il procedimento; nel caso in esame si tratta di una prefabbricazione per « grandi pannelli » in c.a., i quali hanno precise caratteristiche morfologiche, di accoppiamento e prestazionali; a queste si deve fare costante riferimento nella progettazione edilizia.

Nei procedimenti a «ciclo chiuso» il grado di flessibilità progettuale e costruttiva è in genere limitato, infatti, anche se si afferma che si possono produrre elementi di qualsiasi dimensione e forma in base alle richieste della committenza, nella

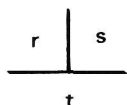
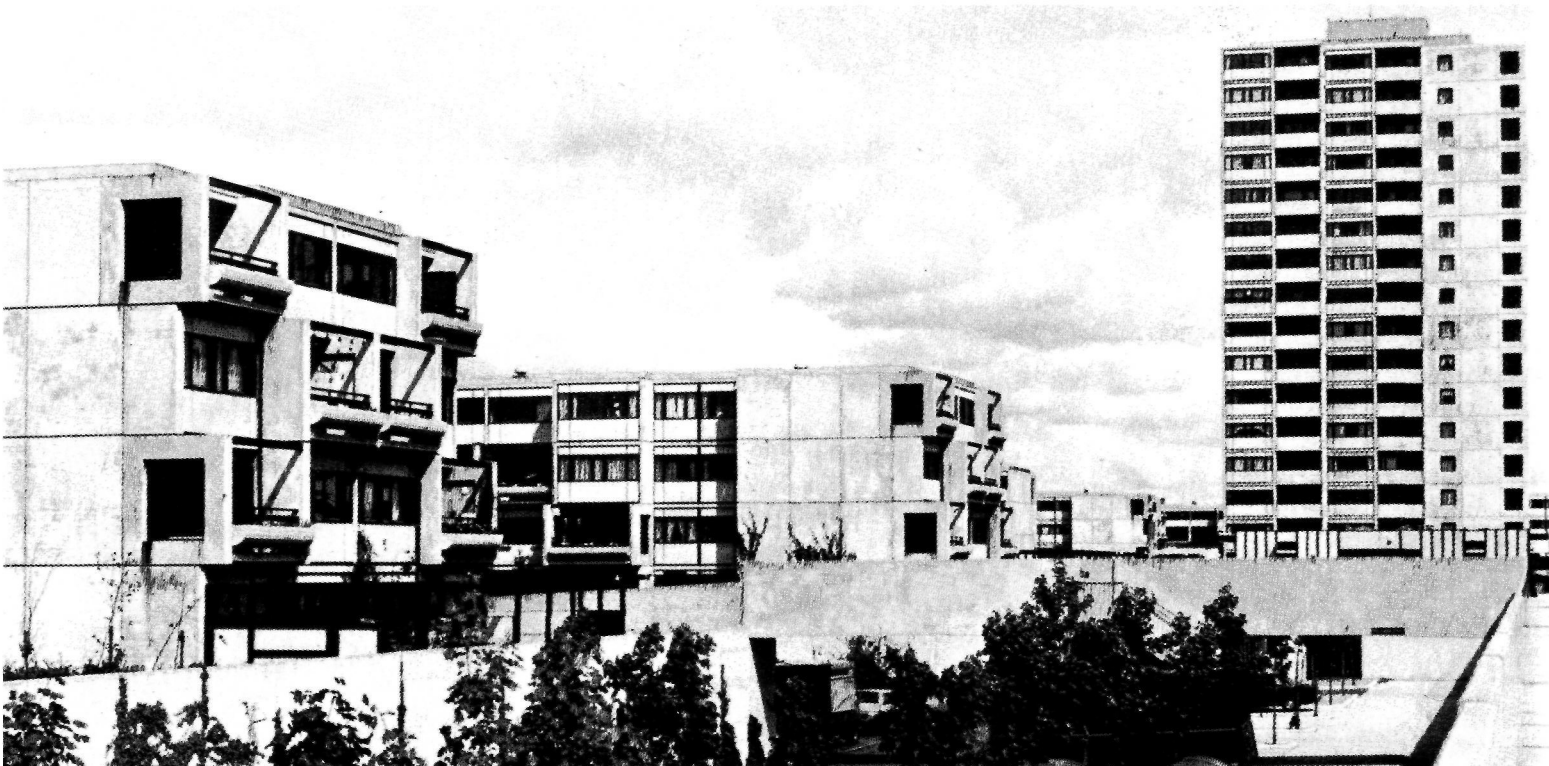
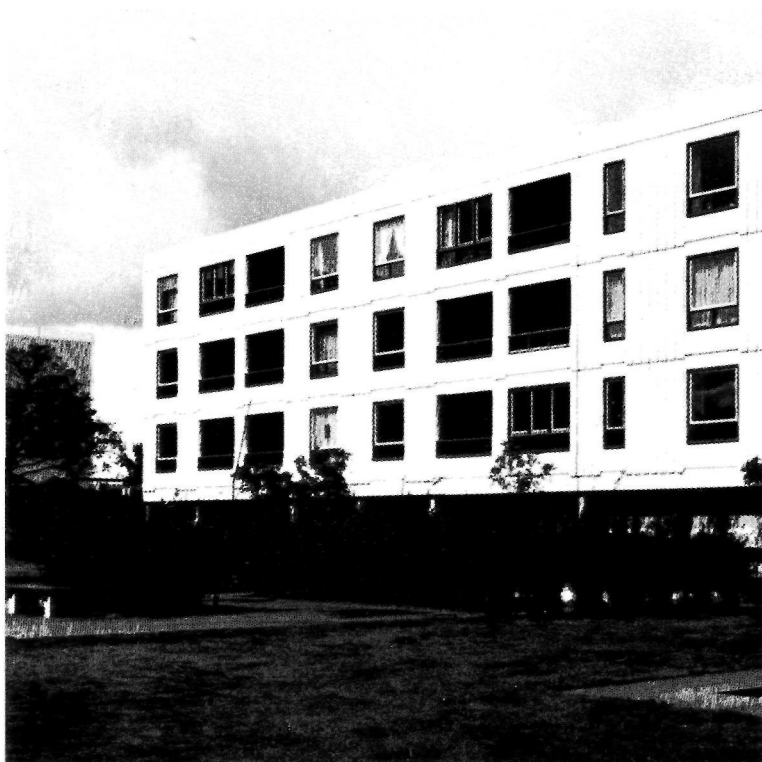
a, b, e, d, e, ciclo di lavorazione dei pannelli-facciata: casseforme predisposte per il getto (a), gettata del calcestruzzo (b), rifinitura dell'intradosso (e), disarmo del pannello (d), pannelli, comprensivi di infissi, al deposito (e); f, g, h, i, ciclo di lavorazione dei pannelli-solaio su carrelli: posizionamento dell'armatura (f), predisposizione delle casseforme tubolari interne sfilabili e getto del calcestruzzo (g), i pannelli-solaio a stagionatura ultimata (h), sformatura del pannello-solaio (i).

(segue)

l | m | n
o
q | p

pratica, una volta approntato l'impianto di prefabbricazione finalizzato al primo intervento (che ne ha giustificato sul piano economico l'installazione), le successive progettazioni debbono tener conto di tutti i vincoli sul piano tecnologico organizzativo ed economico che necessariamente si sono dovuti determinare per porre in essere, in base al primitivo progetto, il procedimento stesso.

Qualsiasi procedimento industrializzato a «ciclo chiuso» trova la sua validità economica a condizione di realizzare un minimo di unità edilizie dello stesso tipo; perciò l'apparato produttivo può sussistere soltanto se si attuano programmi che consentano la ripetizione in notevole numero di esemplari di un medesimo organismo o, comunque, di organismi similari. La necessità di ammortizzare le spese di impianto e di sfruttare al massimo le apparecchiature e il «Know-how» fa tendere inevitabilmente alla pura e semplice ripetizione «meccanica» degli stessi tipi edilizi; in tal modo non si tiene conto di un fattore (esterno alle esigenze della produzione) della massima importanza sotto il profilo sociale e culturale, cioè della

l, pannello-facciata pronto per il trasporto; m, n, o, p, posa in opera delle pareti portanti e dei pannelli-solaio; q, spaccato assonometrico dell'officina di produzione: 1) depositi, ecc.; 2) produzione delle armature; 3) centrale per la preparazione di calcestruzzo speciale; 4) centrale per la preparazione di calcestruzzo normale; 5) trasporto meccanico del calcestruzzo; 6) nastro trasportatore; 7) tramoggia meccanica; 8) stagionatura a caldo; 9) sollevamento mediante carroponte; 10) guida di sollevamento; 11) copertura per «camera calda»; 12) piano basculante; 13) carrello; 14) zona di lavaggio; 15) lavori complementari; 16) carroponte.

r | s
t

TAV. 115 — PREFABBRICAZIONE INDUSTRIALE

(segue da Tav. 114)

necessità di una costante e aggiornata modificazione dei modelli abitativi sia a livello urbanistico che edilizio per rispondere tempestivamente al mutare delle esigenze dell'utenza. Per ovviare a ciò l'edilizia industrializzata a «ciclo chiuso», che ha rappresentato una tappa necessaria del processo di industrializzazione, cerca oggi una via di superamento che, nel mantenere i vantaggi della quantità, consenta una maggiore flessibilità in «modelli abitativi» a tutto vantaggio della qualità sul piano architettonico ed urbanistico.

Il procedimento danese illustrato si basa su di un ciclo di produzione in officina che realizza in c.a. i pannelli verticali per mezzo di cassaforme disposte su « piste orizzontali » e i pannelli-solaio per mezzo di casseforme spostabili su carrelli. I pannelli-solaio sono del tipo alleggerito mediante casseforme «interne» in tubolari estraibili. Le dimensioni dei pannelli vengono determinate soprattutto in funzione dei mezzi di sollevamento disponibili in opera.

Il procedimento non è regolato da un coordinamento dimensionale modulare, ma di volta in volta, in base al progetto edilizio, si definiscono gli attributi di combinabilità degli elementi, sempre in relazione alle tecnologie di produzione. Nell'ambito di una conformazione a «setti», che conduce ad una configurazione parallelepipeda, si è cercato di individuare modi « aggregativi » per articolare volumetricamente l'organismo edilizio, come è il caso del complesso di figg. s, t.

r, edificio a Copenaghen; s, t, complesso nei pressi di Copenaghen.

TAV. 116. — PREFABBRICAZIONE INDUSTRIALE

a	d	g
b	e	h
c	f	

La stessa ditta danese produttrice del procedimento illustrato nelle Tavv. 113-114-115 ha messo a punto un altro procedimento con il quale si vogliono superare i limiti propri del «ciclo chiuso». Si tende verso un'« apertura » del processo, offrendo la possibilità di ottenere nell'ambito di una stessa tipologia edilizia (abitazioni « abbinate » o a « schiera » a 1 o 2 piani) una flessibilità progettuale sia per quanto concerne la conformazione dell'alloggio e dell'organismo sia per quanto riguarda l'« aggregazione » a livello urbanistico. A tal fine si è proceduto mediante una metodologia « metaprogettuale» a definire un sistema di coordinamento dimensionale per «spazi abitativi standards», che, se non fa riferimento al modulo misura internazionale 1M, tuttavia consente la definizione di componenti «polivalenti» per diverse soluzioni architettoniche nell'ambito del procedimento. In pratica si ha una griglia di progetto per «collocare» e «combinare» gli «spazi standards» definendo così la superficie utile (100, 115, 125 mq) e la conformazione dell'alloggio; la conformazione planovolumetrica dell'abitazione è variabile come dimostra l'abbaco di fig. h, e altrettanto variabili sono le possibilità combinatorie di aggregazione tra abitazioni «abbinate» o a «schiera».

a, i componenti polivalenti; b, abbaco degli spazi abitativi standards; e, conformazione planovolumetrica di abitazioni a 2 piani da 100 mq e da 125 mq più accessori; d, piante di una abitazione, su due piani, di 100 mq utili; e, pianta di una abitazione, su due piani, di 125 mq utili più accessori; f, profilo di una «aggregazione»; g, sistema di coordinamento dimensionale; h, abbaco di possibili conformazioni per abitazioni a 1 o 2 piani.

TAV. 117. — PREFABBRICAZIONE INDUSTRIALE

Procedimento francese che realizza in officina pannelli in c.a. Le officine sono costituite da capannoni (m 10 ÷ 15 x 75, a) dotati di:

carro-ponte (10 t) per getti e spostamento pezzi; casseri piani basculanti (pannelli-facciata, pannelli di spina b, c), piani-fissi (pannelli-solaio) e verticali; centrale di betonaggio (20-25 mc/h); centrale per acqua surriscaldata e vapore; apparecchiature per vibratura; 1 ÷ 2 gru (120 t) per il trasporto al deposito; area di deposito (d, e).

Con casseri orizzontali il ciclo è di 5 o 6 ore, con quelli verticali di 3 o 4 ore. I rivestimenti, le armature, la rete elettrosaldata e il polistirolo espanso sono posti in successione nei casseri nelle fasi di getto. Stagionatura: per pannelli solaio riscaldamento dal fondo del cassero, essiccamento tramite copertura con telo: per pannelli-parete essiccamento su ambedue le faccie, per getti in verticale circolazione del vapore o di acqua calda tra le batterie di casseri. Per l'invio nei cantieri si usano mezzi «snodati» (carico utile 25 t. e). Per i procedimenti di questo tipo le officine rappresentano i punti fissi per il rifornimento dei cantieri; quindi loro localizzazione incide sui tempi ed i costi di costruzione: in pratica si determina il « raggio di influenza», cioè la distanza massima compatibile con la quantità di elementi prodotti giornalmente, con il peso e l'ingombro dei pezzi trasportati, con le condizioni della rete stradale, in rapporto ai tempi economicamente ammissibili per un regolare approvvigionamento. La fig. f mostra la localizzazione dei punti fissi di produzione in Francia del procedimento esaminato, con indicato il numero di alloggi prodotti giornalmente (riferimento ad una produzione a «ciclo chiuso»).

TAV. 118. — PREFABBRICAZIONE INDUSTRIALE

Con questo procedimento (Germania Occ.) i produttori si propongono di risolvere con un numero limitato di componenti la progettazione di un'ampia gamma di tipi edilizi (dalla casa alla scuola) dotati di flessibilità aggregativa anche a livello urbano; si tende, entro certi limiti al «ciclo aperto». Geometricamente dà luogo ad apparecchiature piano-lineari, costruttivamente si procede per «addizione» di elementi spaziali, «tabourets » (d), preassemblati a piè d'opera (c). Dato che sul trasporto influisce l'ingombro degli elementi, si è seguito il criterio di avere « punti fissi » (officine di lavorazione) e « punti mobili » (le officine foranee di assemblaggio a piè d'opera) per aumentare il « raggio di influenza » delle officine fisse.

La progettazione è basata su scelte multimodulari semplici: reticolo preferenziale di pianta in 6M x 6M; interasse pilatri 42M; linea di riferimento preferenziale in «alzato» in 3M; pannelli-facciata in 27M; pannelli-facciata in 6M, 9M, 12M, 21 M combinabili in altezza con i pannelli-infisso, in 6M, 12M, 15M, 21 M. Per questo procedimento sono prodotti industrialmente anche le pareti attrezzate e i blocchi funzionali di utilizzazione.

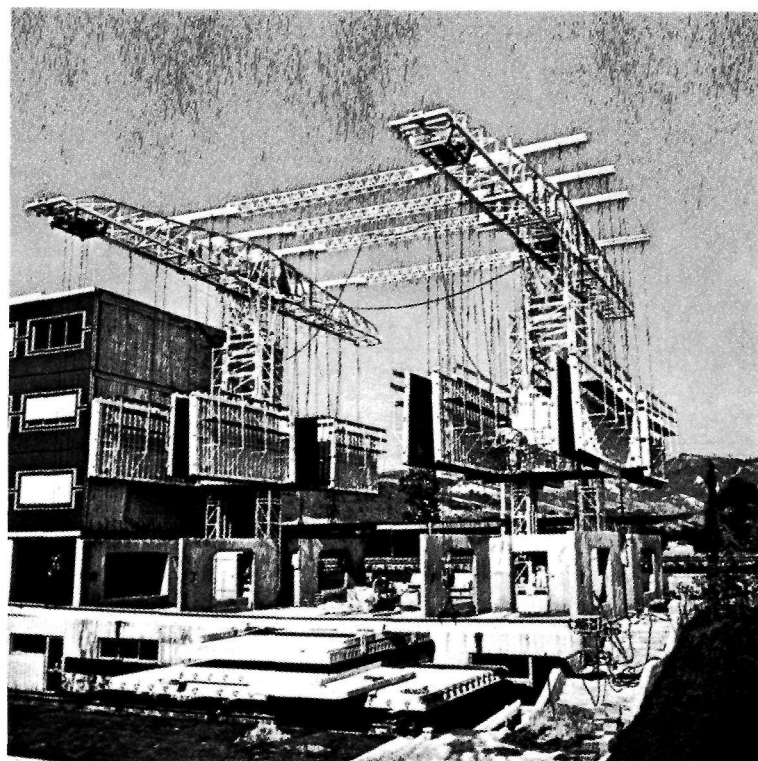
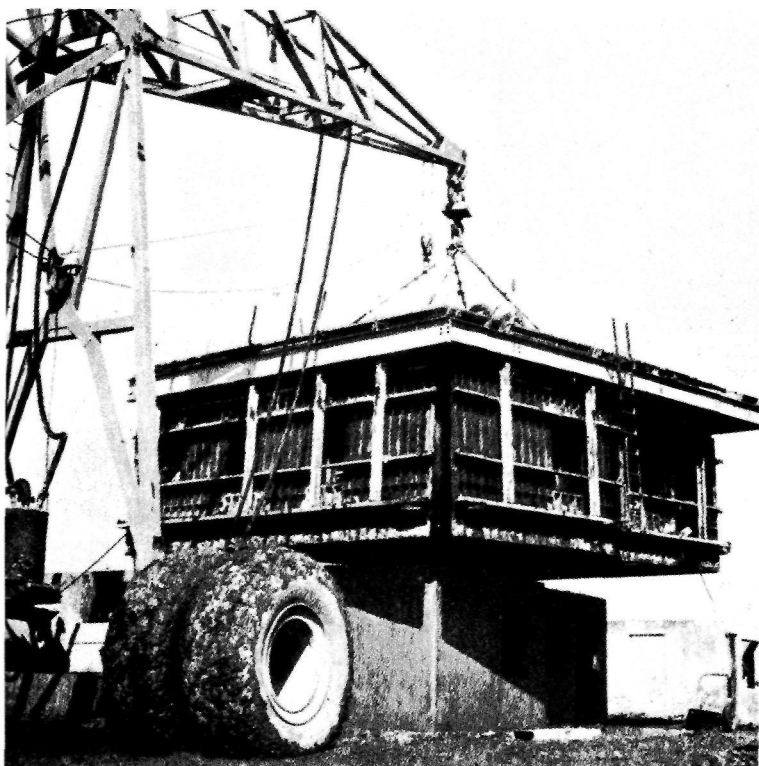
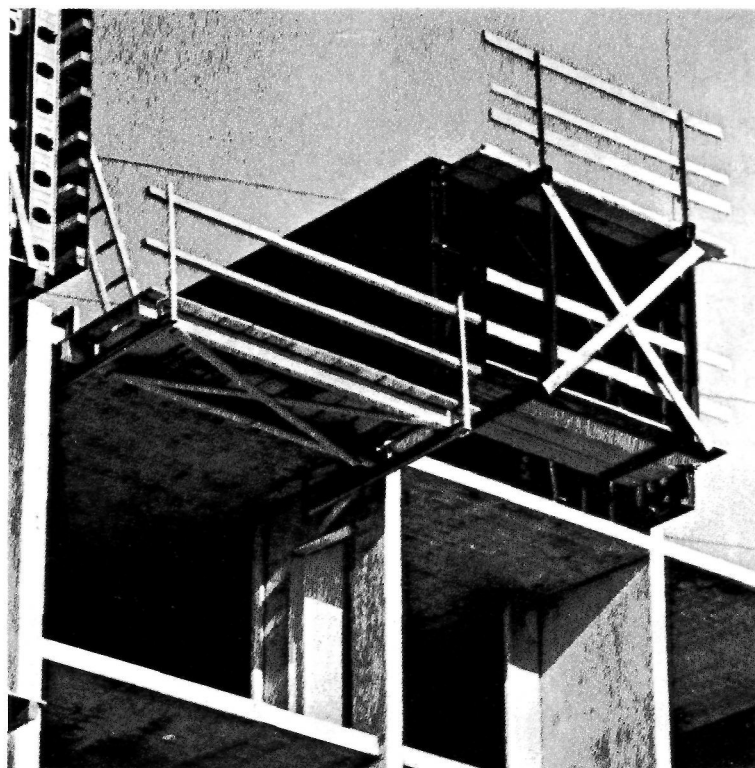
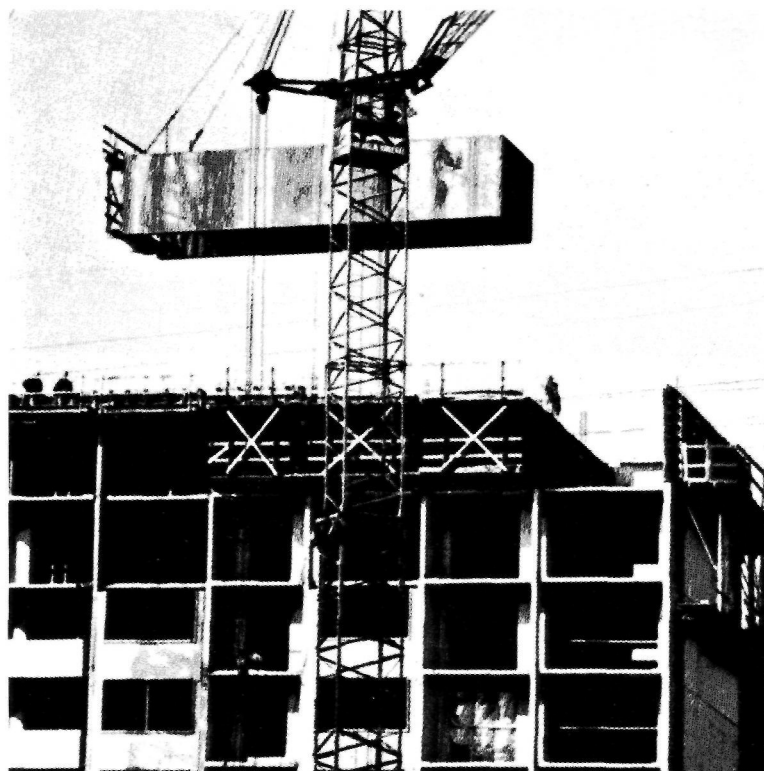
a, vista assonometrica; b, veduta interna dell'officina per la produzione di elementi costruttivi funzionali; c, montaggio dei «tabourets» in officina foranea (protetta con involucro gonfiabile); d, posa in opera di un «tabouret»; e, posa in opera dei pannelli-facciata; f, g, h, abbachi degli elementi costruttivi; i, schemi di aggregazione urbana.

a	b
c	d

TAVV. 119-120. — INDUSTRIALIZZAZIONE DEI GETTI

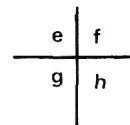
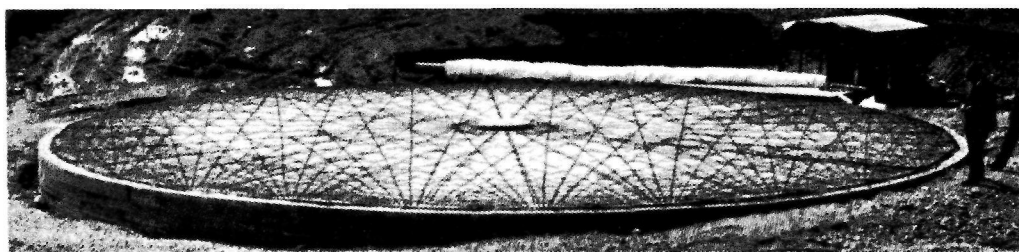
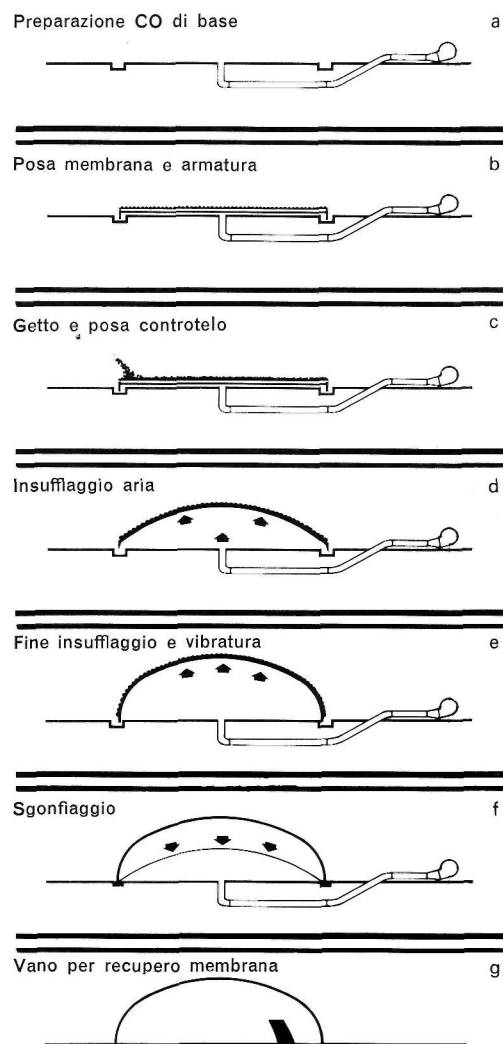
Per superare i limiti propri della prefabbricazione in officina di elementi in c.a. (l'impianto di produzione soddisfa forniture in cantiere solo entro un preciso «raggio d'influenza»; elevato costo di installazione) si è pensato di usufruire di officine foranee mobili da trasportare di volta in volta sul cantiere; sistema che, pur presentando vantaggi (maggiore flessibilità di utilizzo delle attrezzature), all'atto pratico non ha dato i benefici sperati (specie in relazione ai tempi e ai costi per il trasporto e l'installazione dell'officina foranea). In seguito si è visto che soluzione più rispondente era razionalizzare e meccanizzare in modo integrale i tradizionali getti in opera. In base anche ai risultati ottenuti per opere infrastrutturali (viadotti, dighe, ecc.) con casseforme metalliche unificate del tipo «marciante», si è impostato il procedimento su di un insieme di casseforme spaziali in acciaio prodotte in officina capaci di assorbire tutte le operazioni del cantiere tradizionale per predisporre i casseri, le opere di sostegno e i ponteggi. Si è giunti così ai procedimenti «a tunnel»; cioè casseri unificati che consentono la realizzazione contemporanea del getto di setti verticali e orizzontali (superando anche il problema dei giunti tipico dei procedimenti a pannelli). Le operazioni in cantiere si riducono al montaggio dei «tunnels», alla posa in opera delle armature e al getto. Le casseforme sfilabili, sono munite di elementi di sostegno regolabili, di passerelle di

a, procedimento francese a «tunnel» in fase cantieristica; b, «tunnel»; c, semiguscio in sollevamento; d, tolti i «tunnels» i setti in c.a. possono essere direttamente tinteggiati o ricoperti con carta da parati.

e	f
g	h

(segue)

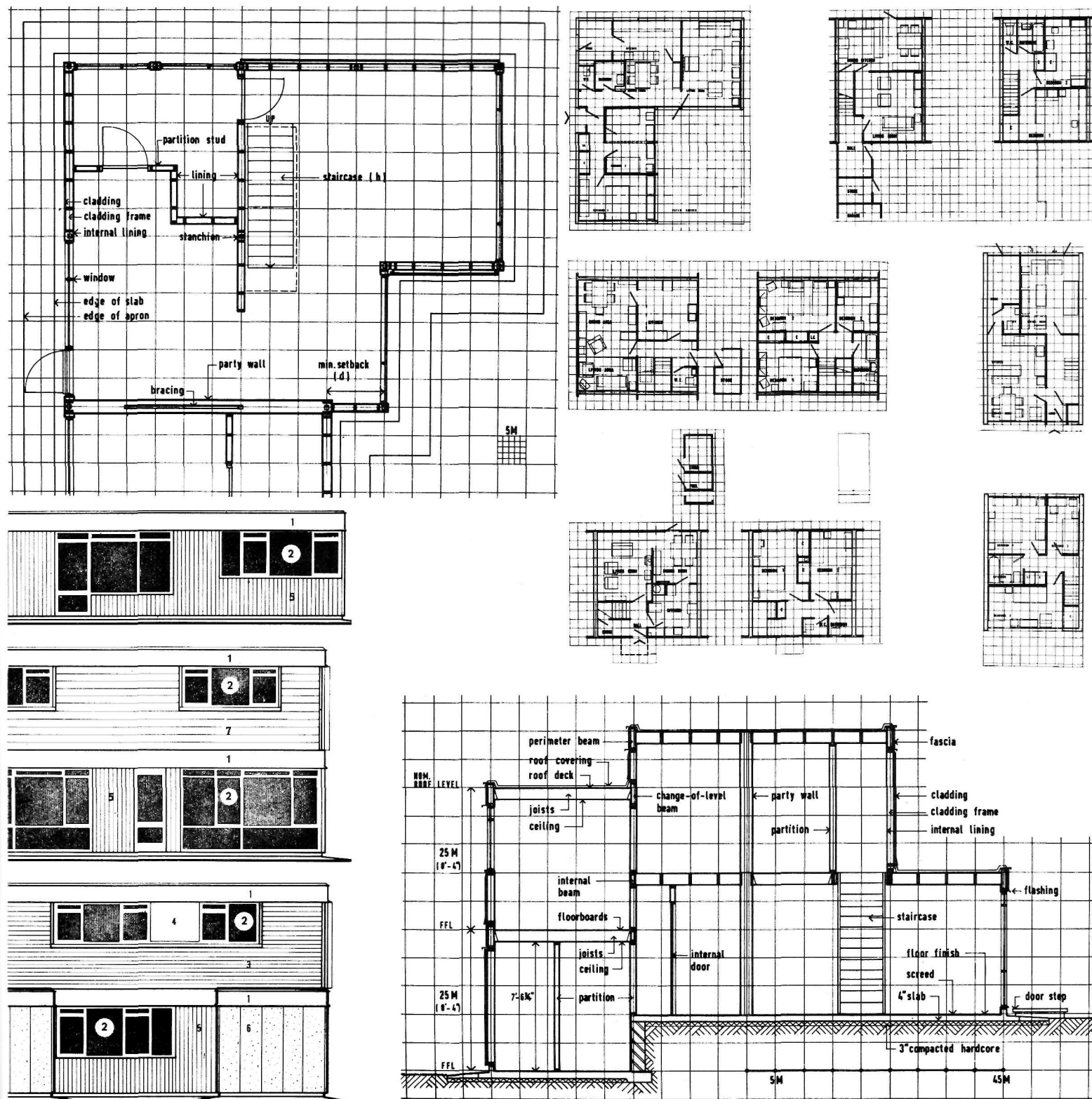
servizio e dell'impianto di stagionatura. Il ciclo è in pratica una «catena» di montaggio e di getti, che richiede una costante precisione nelle operazioni e nei tempi per non perdere i benefici insiti nel procedimento.

L'edilizia industrializzata con questi procedimenti non si ottiene con la prefabbricazione ma con una nuova organizzazione del cantiere, in particolare con la programmazione e la meccanizzazione. I limiti dei procedimenti «a tunnel» si hanno nella rigidezza dell'impianto costruttivo, che implicando una conformazione a «setti» trasversali, conduce inevitabilmente ad una aggregazione di ambienti «scatolari» con una minore flessibilità interna dell'organismo. In pratica si realizza con un procedimento industrializzato una « maglia muraria » che separa nettamente gli ambienti tra loro, in modo del tutto analogo a quanto avviene con i procedimenti a pannelli portanti; questi in genere hanno necessità anche di setti di spina, mentre con ì «tunnels» è possibile realizzare vani liberi per tutta la profondità del corpo di fabbrica. Per piccoli edifici ad un piano si possono prevedere casseforme sfilabili dall'alto (g). Oggi per rendere più flessibile il ciclo cantieristico si tende ad usare le casseforme «integrabili in opera», cioè casseri verticali indipendenti da quelli orizzontali che consentono il getto contemporaneo dei setti verticali e orizzontali senza la rigida sequenza temporale richiesta dall'uso del «tunnels».

e, posa in opera di un «tunnel »; f, i «tunnels » sono dotati di ponti di servizio; g, cassaforma « spaziale » sollevabile per case unifamiliari; h, procedimento italiano di industrializzazione dei getti.

TAV, 121. — INDUSTRIALIZZAZIONE DEI GETTI

Tra i procedimenti basati sull'« industrializzazione dei getti» è di recente applicazione (1965) quello che usa le casseforme gonfiabili, cioè la matrice è costituita da una membrana ancorata al suolo e sorretta da aria insufflata, per realizzare (in 48÷72 ore) organismi ad involucro globale. La cassaforma è una membrana gonfiabile in materiale sintetico (neoprene rinforzato con fibre di nylon) e l'armatura metallica è del tipo «estensibile», cioè disposta in piano sulla membrana non gonfiata è in grado di assumere la configurazione spaziale a mano a mano che avviene l'insufflaggio.

Analizzando sia i procedimenti a pannelli realizzati in officina sia quelli basati sull'industrializzazione dei getti si rileva come l'attenzione sia posta più sull'efficienza produttiva e tecnologica del procedimento che sullo «spazio costruito» conseguibile. La progettazione, più che nascere dalle esigenze dell'utente e tendere alla realizzazione di un organico «modello abitativo», scade spesso in un'operazione di «aggiustaggio» per dare una conformazione all'organismo e una distribuzione dei locali compatibile con i vincoli imposti « a priori » dal procedimento. Ciò non significa che il risultato debba essere necessariamente negativo sotto il profilo «abitativo» e «formale»; sarà positivo se la progettazione sarà finalizzata per creare uno « spazio costruito » per il quale è congruente il procedimento.

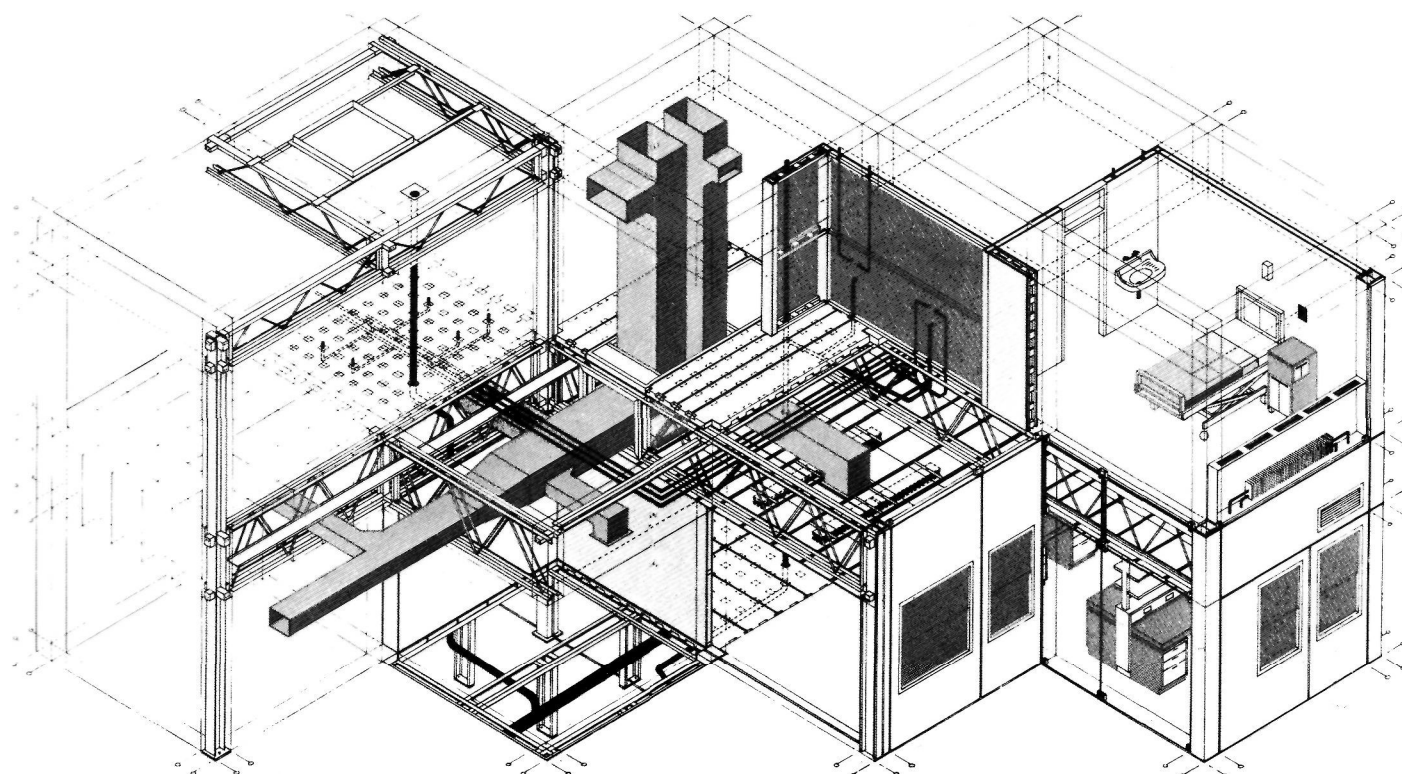
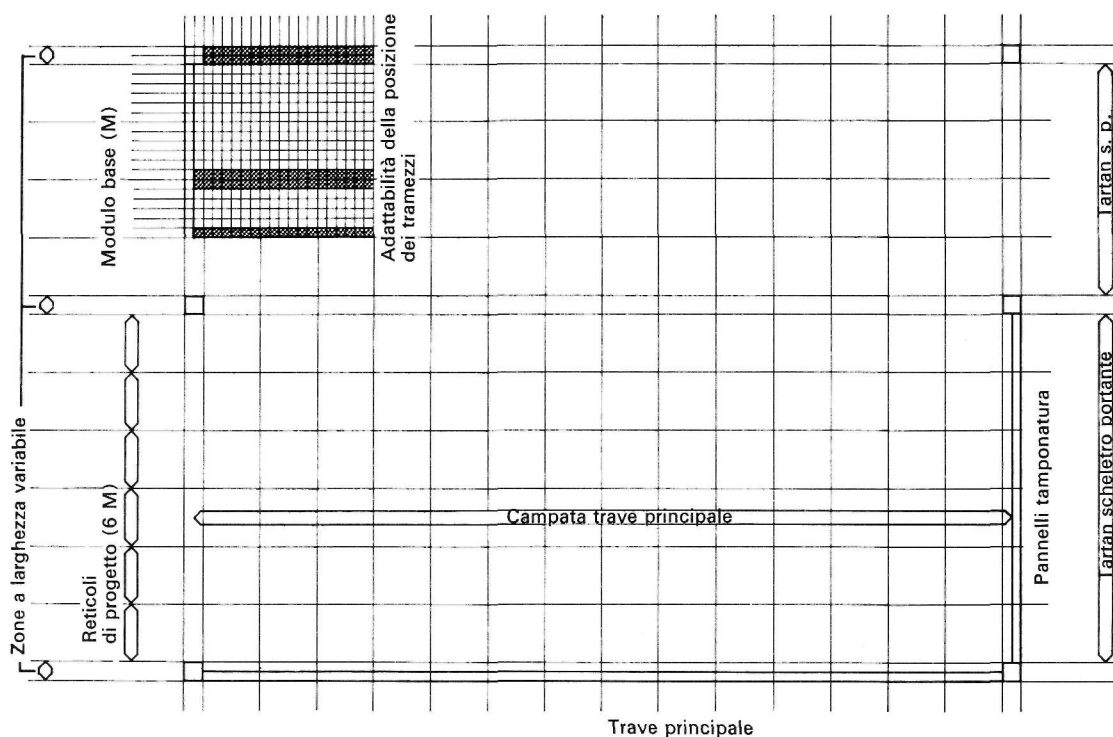
a, b, c, d, e, f, g, fasi operative; h, i, posa delle spirali e dei tondini dell'armatura; l, getto in piano; m, posa del controtelo; n, inizio insufflaggio; o, vibratura.

TAV. 122. — PROGETTAZIONE MODULARE DELL'ORGANISMO EDILIZIO

a	b
c	d

I procedimenti inglesi illustrati nelle Tavv. 122, 123, 124 e 125 sono significativi dell'indirizzo assunto in Gran Bretagna negli anni '60 da parte degli organismi di governo e del settore produttivo per l'edilizia industrializzata. Si è inteso individuare un processo realizzativo che fosse da un lato consapevole delle esigenze dell'utenza e dall'altro rispondente alle esigenze economiche e tecnologiche delle imprese costruttrici. Nel perseguire questi obiettivi si sono delineati alcuni degli aspetti essenziali del «ciclo aperto»: si è fissato un modulo misura per il coordinamento dimensionale (prima in 4 pollici, circa 10 cm., poi in 1M con l'introduzione del sistema metrico decimale); si sono introdotti nella progettazione reticoli preferenziali basati su scelte multimodulari semplici o composte; si è adottato il criterio di produrre ossature portanti suscettibili di utilizzazione per soluzioni architettoniche diverse al fine di avere una flessibilità nell'uso degli spazi abitativi e di consentire una sufficiente libertà nelle scelte progettuali; si è considerata l'opportunità di rendere compatibile sia con diverse ossature portanti sia con differenti tipologie un'ampia gamma di componenti dei vari elementi di fabbrica prodotti da differenti ditte, purché basati sul modulo base e sui reticoli modulari di progettazione.

(segue a Tav. 123)

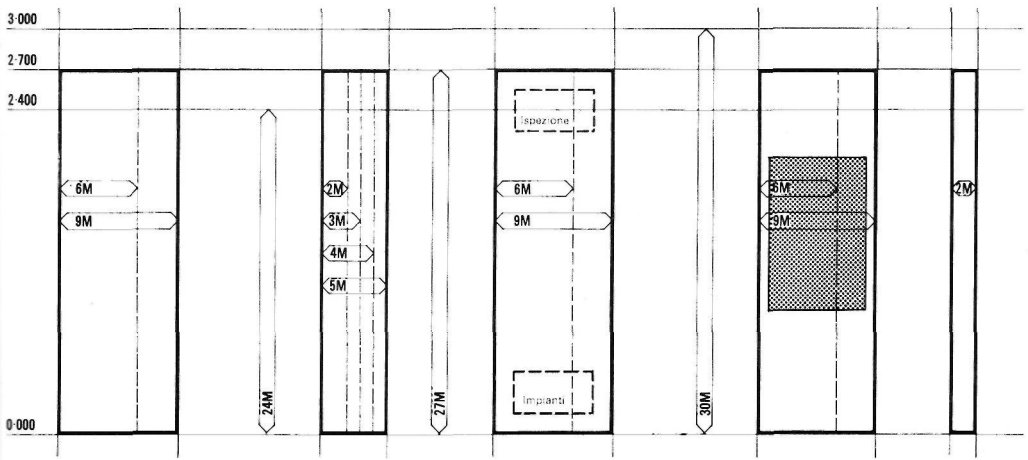
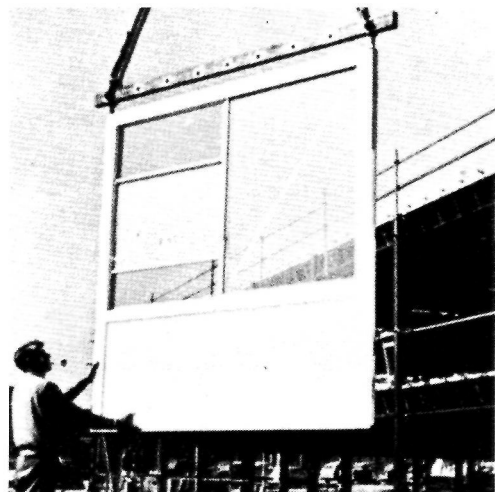
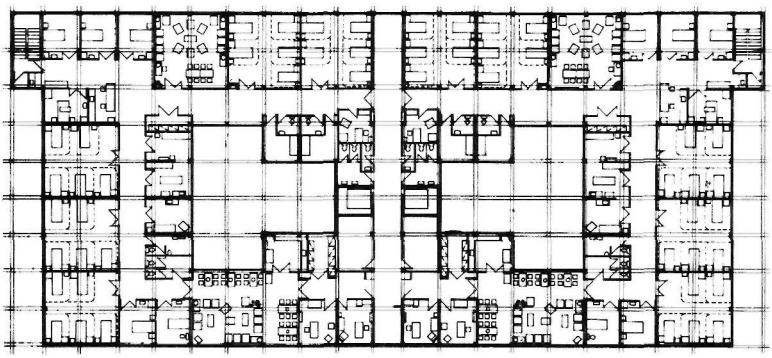
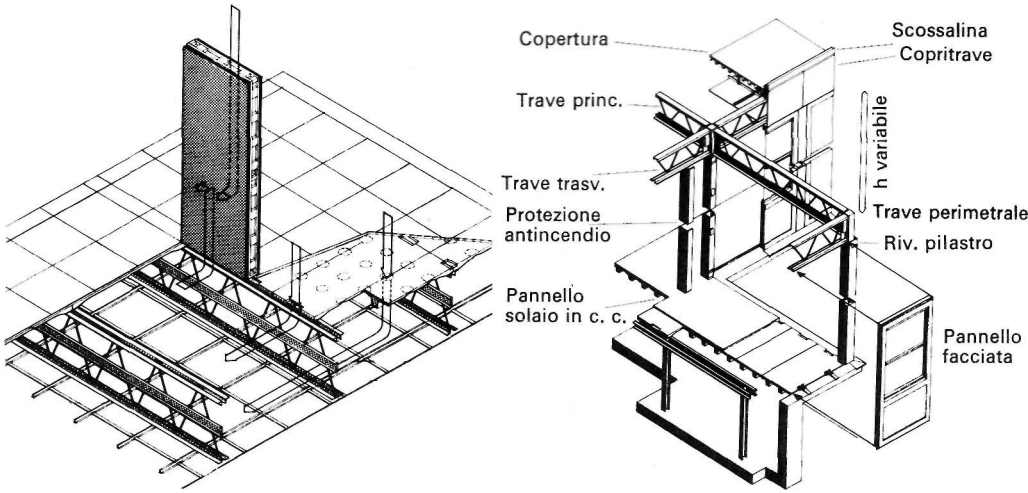
a, d, pianta a sezione di un'abitazione sul reticolo preferenziale di 5M; b, abbaco di possibili soluzioni di case unifamiliari al o 2 piani; c, abbaco di possibili tamponature: 1, lastre di fibro-cemento o in compensato plastificato; 2, tipo di serramento; 3, rivestimento ceramico; 4, pannelli in compensato verniciato; 5, pannellatura in doghe di legno; 6, pannelli in calcestruzzo; 7, lastre di calcestruzzo leggero.

a
—
b

TAVV. 123-124. — PROGETTAZIONE MODULARE DELL'ORGANISMO EDILIZIO

(segue da Tav. 122)

In tal modo si è anche promossa un'intesa sia sul piano tecnologico che commerciale tra ditte produttrici di oggetti edilizi intermedi e imprese costruttrici.

Il procedimento illustrato a Tav. 122 è denominato 5M in quanto è coordinato dimensionalmente, sia in pianta che in alzato, su tale scelta multimodulare semplice; da sottolineare che è stato progettato dal Ministero degli Alloggi e messo a disposizione degli enti pubblici interessati alla costruzione di case con ossatura mista in acciaio e legno. Un manuale tecnico fornisce i dati per la progettazione e il montaggio, nonché le caratteristiche di prestazione dei componenti e le modalità per le ordinazioni alle varie ditte. Sulla scorta di tali indicazioni, ogni anno, in base ad un programma edilizio si possono indire «aste» per scegliere le ditte produttrici dei componenti e le imprese costruttrici. Nelle Tavv. 123 e 124 è riportato un procedimento che adotta il reticolo «scozzese» per la progettazione di edifici ospedalieri. Il «tartan» è ottenuto con il reticolo dello scheletro portante a fasce modulari, determinate dalla proiezione in pianta dell'ingombro delle travi e dei pilastri (da un minimo di 2M), e dai campi modulari in 6M x 6M, individuati dalla maglia dello scheletro, che regolano la «collocazione» degli altri elementi di fabbrica. In «alzato» gli elementi delle chiusure verticali e delle par-

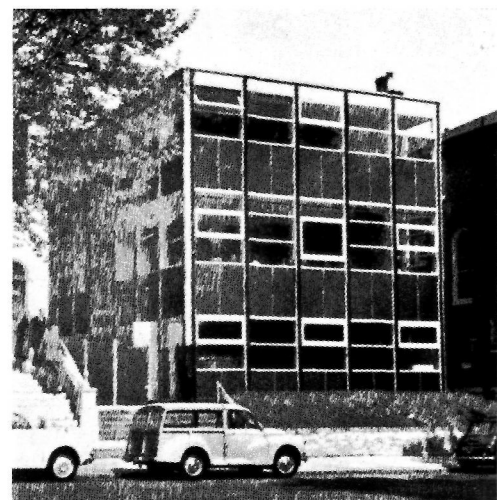
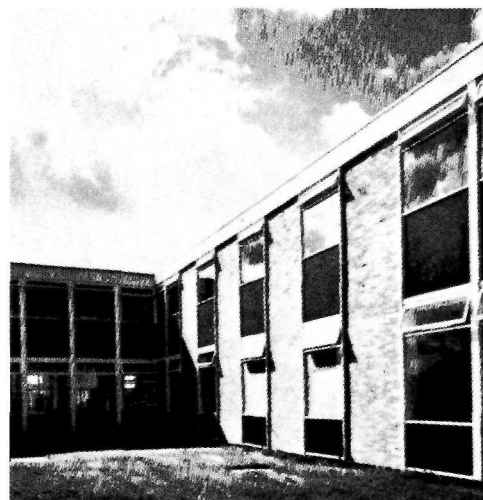
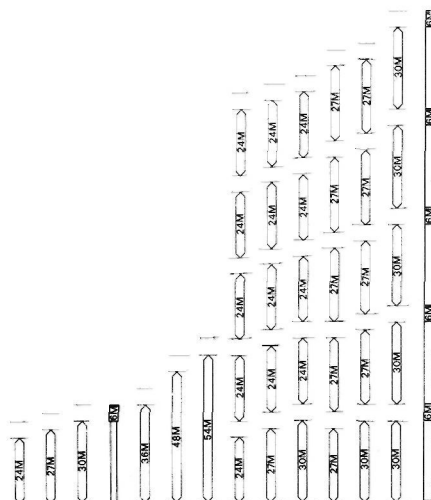
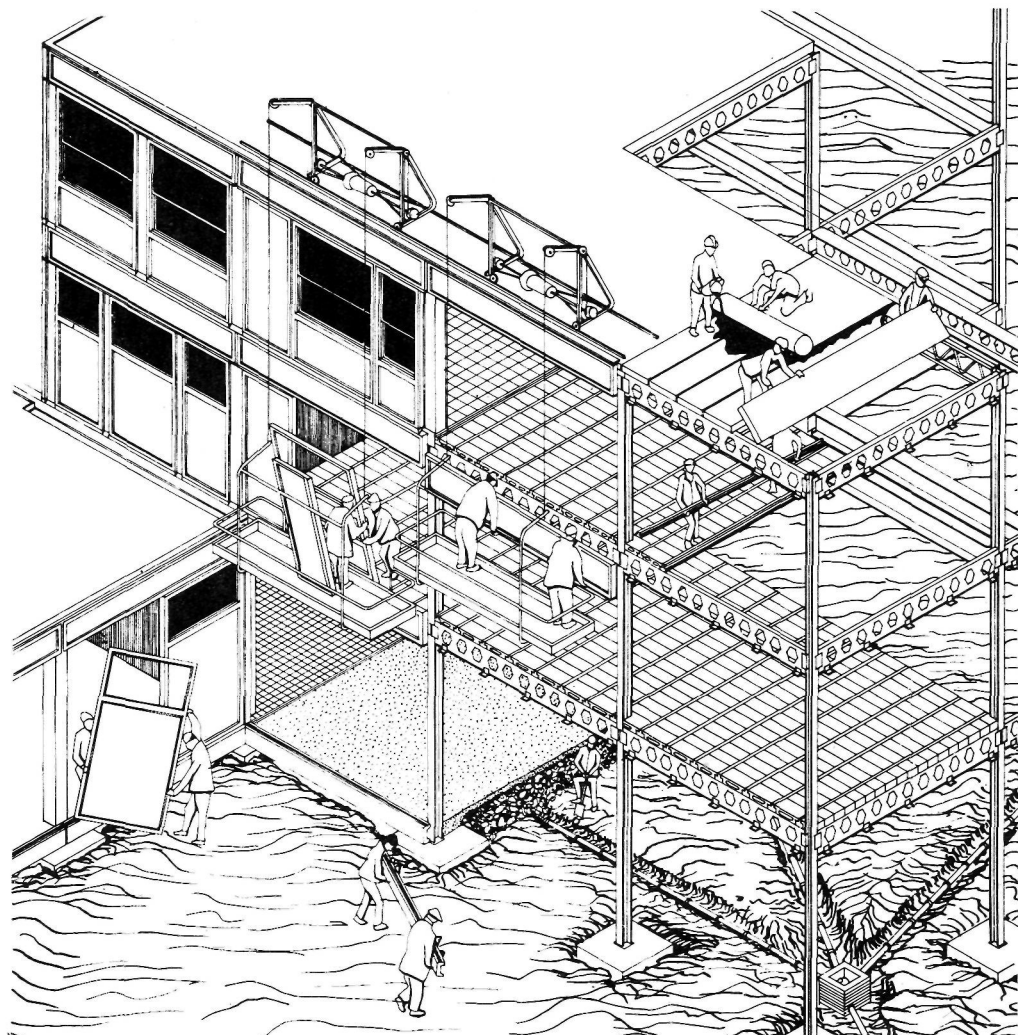
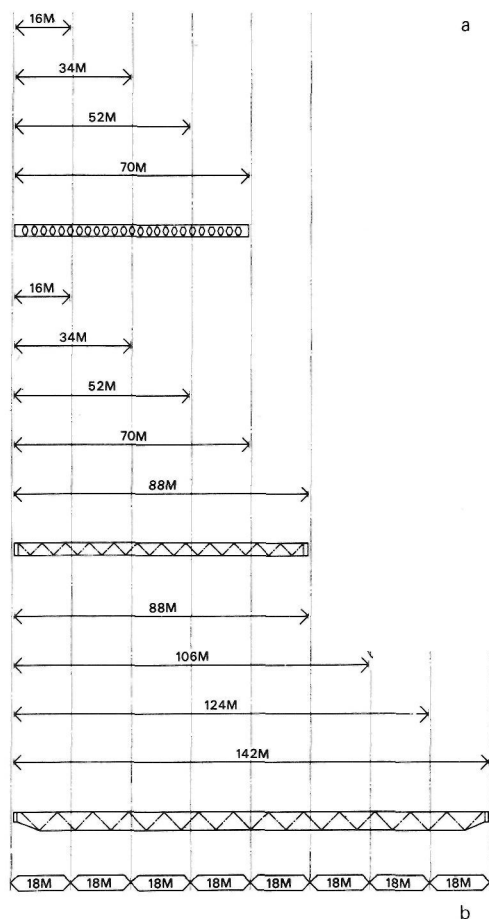
a, schematizzazione del coordinamento dimensionale in pianta; b, organizzazione «spaziale» degli elementi di fabbrica e degli impianti.

Pannelli di partizione interna in classi modulari di altezza

c	d	g
	e	h
	f	i

(segue)

tizioni interne sono in «classi di ingombro modulari» riferite alle altezze interpiano e libere di piano. Lo scheletro portante è in acciaio con ritti in profilati a caldo tubolari e travi reticolari. Le chiusure orizzontali sono « attrezzabili » agli impianti in quanto le travi trasversali sono reticolari; queste sopportano un impalcato in elementi prefabbricati in c.a. con larghezza 6M e sostengono un controsoffitto in elementi modulari fono-assorbenti. Le chiusure verticali sono costituite da pannelli sandwiches (in materiali « leggeri ») con serramenti incorporati e da elementi prefabbricati copritrave. Le partizioni sono in pannelli in materiale «leggero» comprensivi di serramenti e «attrezzabili» agli impianti. Le lavorazioni in cantiere sono prevalentemente basate sul montaggio « a secco ». Per la progettazione esecutiva e per la determinazione dei costi si fa uso di elaboratori elettronici.

c, correlazioni tra chiusure orizzontali, partizioni interne e impianto elettrico; d, correlazioni tra elementi costruttivi funzionali; e, ospedale-tipo a due piani (notare il «tartan» che regola l'impostazione distributiva e costruttiva); f, caratteristiche dimensionali degli elementi di partizione interna; g, h, i, fasi della costruzione: lo scheletro portante ultimato e posa in opera dell'impalcato del solaio, sollevamento di un pannello-facciata, posa in opera degli elementi delle chiusure verticali.

a	c	
b	d	e

TAVV. 125-126. — PROGETTAZIONE MODULARE DELL'ORGANISMO EDILIZIO

Procedimento inglese «A 75 METRIC» impiegabile per la realizzazione di scuole, edifici per uffici, collegi, ecc. (sono escluse le abitazioni) con scheletro portante in acciaio. Il coordinamento dimensionale modulare è secondo il modulo internazionale 1M. In pianta viene adottato il reticolo «scozzese»: il reticolo dello scheletro portante è su maglia quadrata 36Mx36M (eccezionalmente si hanno campi da 36M X18M e 36MX54M); i reticoli degli altri elementi di fabbrica sono su base quadrata in 18M, 12M, 9M, 6M, 4M; il «tartan» di base è in 2M, 34M. In alzato si ha preferenzialmente il multimodulo 6M con altezze interpiano di 24M o 30M e sfalsamenti di piano, ovviamente, in 6M; altrimenti si applica il 3M e si ottengono anche i valori 36M, 48M, 54M, per ambienti particolari (saloni, ecc.) e 27M per locali accessori esterni. Le fondazioni, realizzate in opera, sono plinti in e.a. muniti di bulloni a tirafondo per l'ancoraggio dei ritti in acciaio; sui plinti di fondazione vengono predisposte delle travi portamuro prefabbricate in c.a., su cui poggiano le tamponature e che servono anche come sponde per la realizzazione della chiusura orizzontale di base.

a, abbaco delle dimensioni modulari delle travi principali «alveolate» e delle travi reticolari per la copertura; la linea di riferimento modulare è in 18M, le dimensioni modulari delle travi sono diminuite di 1M alle due estremità in quanto è considerato l'ingombro in 2M del pilastro; b, coordinamento modulare in alzato sul 6M: si ha una fascia marcapiano di 6M più le luci libere di piano in 6M, ad eccezione di quelle per locali isolati (27M); in pratica si hanno i valori in 3M per le luci libere di piano e di 6M per lo spessore delle chiusure orizzontali; c, schematizzazione assonometrica delle correlazioni tra elementi di fabbrica e delle fasi cantieristiche; d, e, alcune realizzazioni: edificio per uffici a Walwyn; scuola di arte drammatica a Londra.

(segue)

I pilastri in acciaio sono del tipo HE del 150 con spessore variabile a seconda dei carichi ed in pianta hanno un ingombro, compresa la protezione antincendio, di 2Mx2M, Le travi perimetrali e trasversali sono a parete piena « alveolata »; le travi per sorreggere la copertura sono reticolari. Le chiusure orizzontali intermedie sono formate da travetti in c.a. precompresso e blocchi di calcestruzzo leggero con sovrastante «caldana». Le tamponature possono essere di diverso tipo (anche in pannelli di calcestruzzo o realizzate in opera con mattoni a faccia-vista); in genere si adottano pannelli di diversa conformazione con telaio in legno entro il quale possono essere inserite lastre opache in diversi materiali, lastre trasparenti e le finestre, sorrette mediante connettori in profilato d'alluminio. Le partizioni interne, le pavimentazioni e i controsoffitti possono essere di qualsiasi tipo, purché compatibili con il coordinamento dimensionale adottato. Le rampe delle scale sono realizzate con due profilati in acciaio a C sorreggenti i supporti in acciaio delle pedate in legno duro; tuttavia sono ammesse modalità diverse di realizzazione.

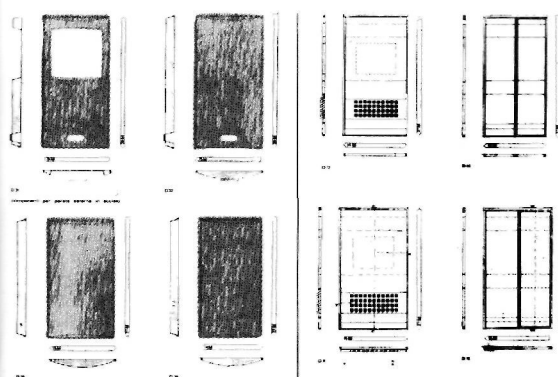
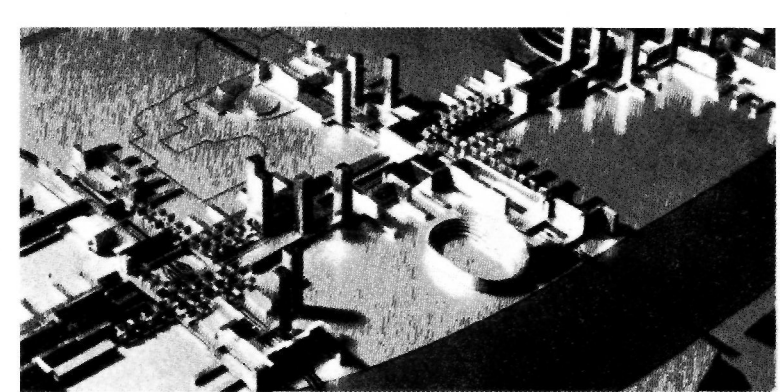
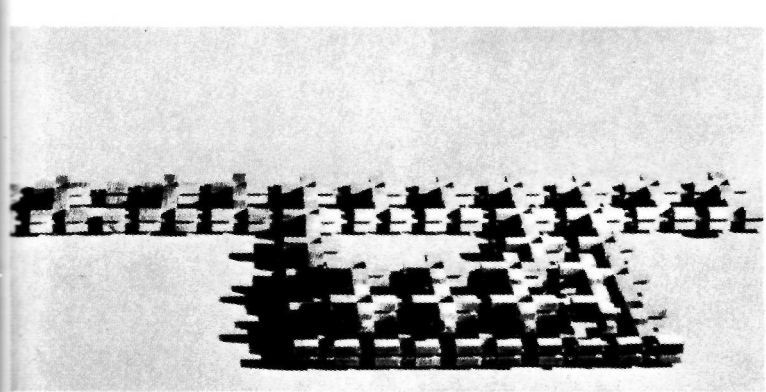
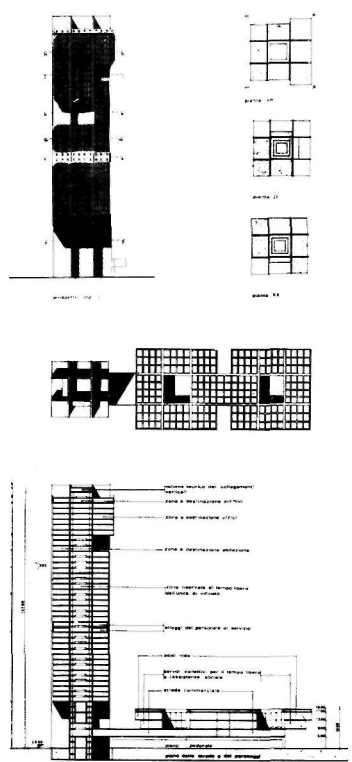
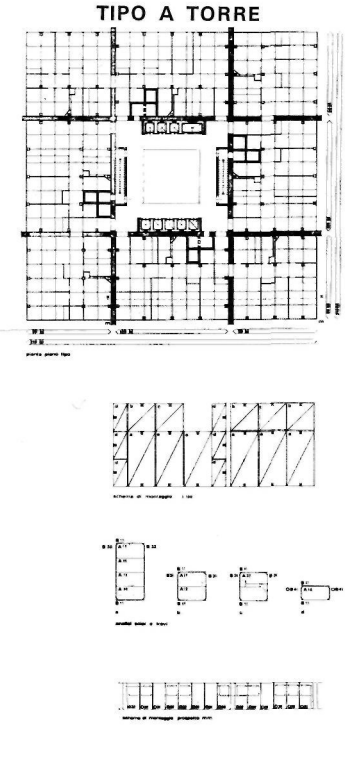
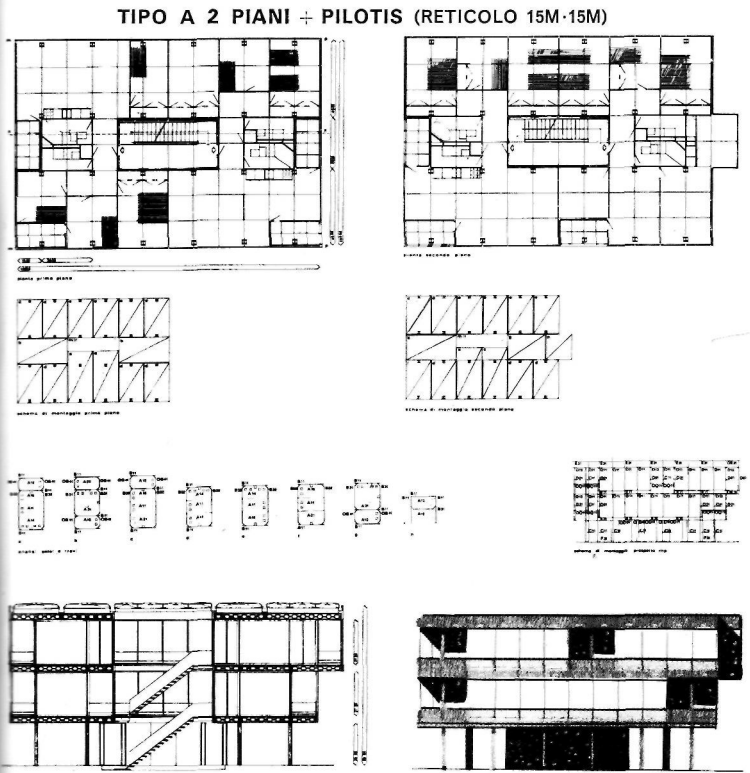
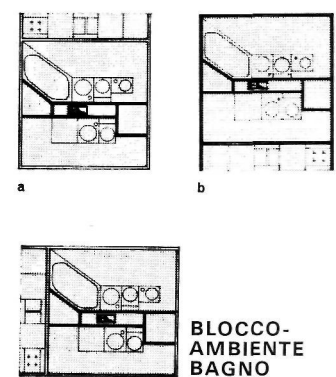
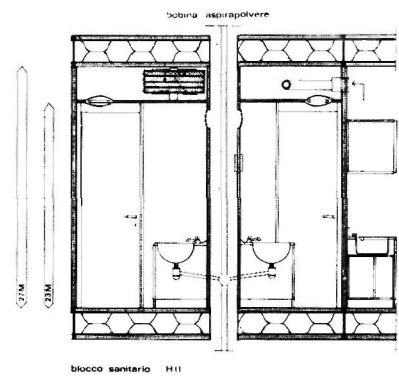
a, b, schematizzazione del coordinamento dimensionale modulare basato sul reticolo «scozzese»; c, d, e, f, coordinamento modulare dei pannelli-facciata (leggere particolari nelle illustrazioni); g, h, particolari costruttivi della facciata; i, il coordinamento dimensionale in pianta su reticolo base in 1M dei pilastri (ingombro 2Mx2M) con le tamponature (spessore in 1M); l, dimensioni modulari delle travi perimetrali «alveolate» (vedi anche Tav. 125, a).

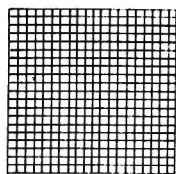
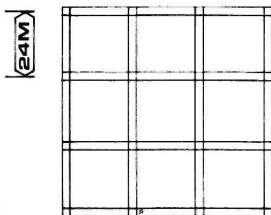
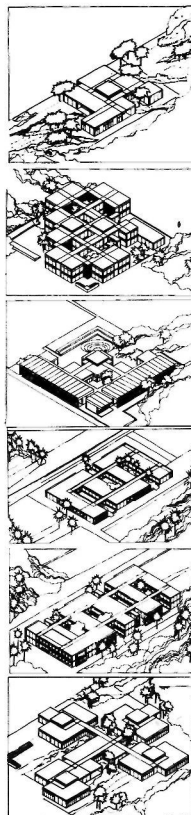
a | d
b | c | e

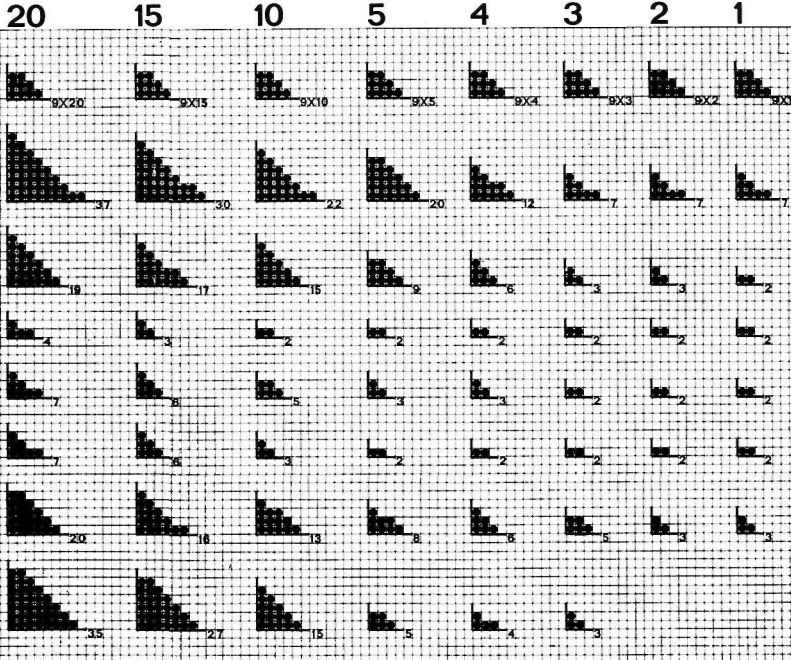
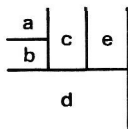
TAVV. 127-128. — PROGETTAZIONE MODULARE DELL'ORGANISMO EDILIZIO

Il progettista dell'organismo, nell'ambito dell'edilizia industrializzata a «ciclo aperto», dovrebbe poter scegliere tra i componenti che sono disponibili sul mercato quelli adatti alle sue finalità. Se nella progettazione dell'organismo è ovviamente necessario un coordinamento dimensionale modulare per la «collocazione» dei componenti appartenenti ai vari elementi di fabbrica (sub-sistemi), dall'altra è necessario che questi abbiano dei gradi di «combinabilità» e di « accoppiabilità » tali da risultare tra loro compatibili.

Quindi per garantire, entro certi limiti, la libertà delle scelte progettuali a livello di organismo edilizio, il componente deve essere definito attraverso un approccio di tipo metaprogettuale che, in base ad un coordinamento dimensionale modulare codificato a livello internazionale, possa far conferire al componente stesso proprie caratteristiche morfologiche di prestazione che non lo leghino in modo univoco ad un tipo edilizio. In teoria il componente deve avere una polivalenza tale da poter essere applicato in tutti i tipi edilizi possibili. Ciò può avvenire in casi del tutto particolari, poiché il componente, per quanto possa essere « neutro », presuppone sempre un legame con una configurazione dell'organismo, con un procedimento costruttivo e con certe funzioni; perciò in genere si progettano componenti polivalenti solo per una o più tipologie edilizie. In tal senso è significativo (Tavv. 127, 128) il progetto (concorso CECA) dell'arch. G. M. Oliveri e associati, che attraverso uno studio interdisciplinare prospettano una metodologia metaprogettuale finalizzata per un'edilizia industrializzata a «ciclo aperto». L'interdisciplinarietà è stata considerata indispensabile per cogliere tutti gli aspetti di una progettazione

f	g
h	i
l	m

(segue)

con tale obiettivo. Prima operazione è stata la definizione degli standards abitativi, del comportamento nell'uso dell'alloggio, l'analisi distributivo-funzionale dei tipi di alloggio. In rapporto alle superfici ricorrenti dell'alloggio e in relazione, poi, con le esigenze di carattere tecnologico si è individuato un reticolo modulare preferenziale 15M x 15M. Quindi si è passati a determinare le caratteristiche dei componenti per subsistemi. Per verificare la validità della «fabbricazione per componenti» si è simulata una produzione differenziata tra ditte consorziate, ma coordinate dal sistema metaprogettuale ideato; a tal fine il gruppo di lavoro si è diviso in sottogruppi di studio per subsistemi. Nella prima fase si sono specificati gli spazi agibili ai «confini» di ciascun subsistema, l'organizzazione spaziale dei componenti appartenenti ai vari subsistemi, la combinabilità dei componenti in rapporto a diverse soluzioni piani-volumetriche, le capacità di aggregazione dei vari componenti, le caratteristiche-base per una produzione di serie, per una facilità di trasporto ferroviario e stradale, per un montaggio con attrezzature di sollevamento di normale dotazione delle imprese. La seconda fase, a sottogruppi riuniti, ha riguardato l'« industrial-design » dei componenti. Infine è stata effettuata una verifica del sistema metaprogettuale e quindi dell'applicabilità dei componenti in più tipi edilizi con relative aggregazioni (ad es., h, i, l,), dimostrando il conseguimento dei seguenti obbiettivi: flessibilità distributiva e d'uso dello spazio interno, flessibilità costruttiva, flessibilità formale a livello architettonico-urbanistico. Ulteriore verifica è stata la partecipazione al concorso per «il distretto sud di Bratislava» (m).

Gruppo di **progettazione:** *capo-gruppo,* ing. E. Mandolesi; *progettazione architettonica e coordinamento dimensionale modulare delle scuole elementari e medie,* ingg. E. Mandolesi, S. Poretti, A. Stazi; *progettazione architettonica e coordinamento dimensionale modulare delle scuole medie,* archh. M. Nicoletti, M. Moretti; *progettazione degli elementi costruttivi e coordinamento modulare,* ing. G. Carrara; *progettazione e caratteristiche di prestazione dei componenti,* ingegneri G. Carrara, E. Mandolesi, G. Iardella; *fattibilità,* ingg. L. Musumeci, S. Stucchi; *organizzazione del lavoro,* ingg. M. Dejana, M. Pirrello.

Dopo aver effettuato un'indagine generale sulla fattibilità dell'intervento, considerando tutti i fattori locali (dalla domanda di scuole alla situazione sociale, economica e produttiva del Paese) in rapporto alle esigenze progettuali e produttive, si è passati contemporaneamente all'analisi delle norme scolastiche, alla definizione di possibili «modelli pedagogici » rispondenti agli intenti culturali governativi, alle scelte per il coordinamento dimensionale modulare. Prescelto il modulo base dimensionale 1M si è potuto definire attraverso l'analisi delle norme, in particolare delle dimensioni e della superficie dei singoli locali, che con la ripetizione e la combinazione delle entità di 24M x 24M era possibile conseguire in pianta tutti i tipi di «spazio» sia per le scuole elementari che per le scuole medie (vedi Tav. 129 fig. d). In tal modo è stato definito un reticolo che consentiva il controllo della superficie da assegnare ai singoli locali e all'intera scuola (di qualsiasi tipo e consistenza). A questo punto era necessario determinare un reticolo «funzionale» (per regolare la conformazione e la distribuzione dei locali) che tenesse conto dell'ingombro e delle possibili posizioni in pianta dei componenti dell'ossatura portante, delle chiusure verticali, delle partizioni interne, ecc., In relazione ad un'indagine sulle possibili dimensioni e collocazione dei componenti dei vari elementi di fabbrica, si è adottato un «tartan» 21M + 3M impostato sul reticolo preferenziale di base 3M x3M (vedi Tav. 129 fig. *a, b).*
D'altra parte, considerando che i locali caratterizzanti erano le aule con i relativi disimpegni, si è definita una «griglia» di possibili combinazioni di reticoli scozzesi per la «col-

TAVV. 129-130, — PROGETTAZIONE MODULARE DELL'ORGANISMO EDILIZIO

Il progetto del componente industralizzato è promosso, in genere, direttamente dall'industria, mentre il progetto dell'organismo ripetibile per l'edilizia industralizzata nasce da iniziative di tipo diverso. Può essere una iniziativa dell'industria che vuole porre sul mercato una propria,produzione, al limite a «catalogo», relativa a specifiche tipologie edilizie (abitazioni, scuole, ospedali, edifici industriali, commerciali, ecc.) in vista di un assorbimento da parte della committenza pubblica o privata (vedi, ad es„ Tavv. 116, 118, 123, 125, 146, 150, 152, 154). In altri casi sono gli organismi statali e gli enti di committenza pubblica, per l'attuazione di programmi edilizi e per orientare la produzione, a prendere l'iniziativa; possono far redigere il progetto dai propri uffici tecnici (vedi, ad es., Tav. 122) oppure possono rivolgersi al mondo professionale e produttivo. In questo caso si hanno diverse forme operative: si bandisce un concorso riservato ai professionisti, per poi indire le gare tra le imprese costruttrici sulla scorta del progetto o dei progetti vincenti; si interpella direttamente l'industria o attraverso concorsi di qualificazione o mediante appalti-concorso. Il concorso di qualificazione è finalizzato per definire un «albo» di imprese in grado di rispondere ad una determinata domanda, sia sul piano organizzativo-economico che tecnico-qualitativo, sulla scorta di una progettazione che costituisca «campione» della produzione di ciascuna impresa; poi si effettuano le gare di appalto per il settore di intervento prefissato invitando le imprese inserite nell'«albo». L'appalto-concorso si riferisce ad un preciso intervento, che ha dimensioni tali da giustificare l'applicazione di procedimenti industrializzati e che può estendersi fino all'attuazione di un intero programma a livello

(segue)

locazione» dell'ossatura portante (vedi Tav. 129 fig. c).

Una volta definito il metodo per il coordinamento dimensionale si sono ipotizzati, sia per le scuole elementari che medie, più «modelli pedagogici» per lo «spazio costruito» (vedi Tav, 129 fig. e): il modello «compatto», cioè aule intercomunicanti avvolgenti l'aula comune e spazio verde all'intorno; il modello a «patio» (adatto per particolari condizioni di clima e di tradizione), in cui le aule convergono sull'aula comune, ma usufruiscono di spazi verdi all'interno dell'organismo; il modello «classico», cioè aule con disposizione lineare semplice od ad L, che gravitano sia verso l'aula comune sia sullo spazio verde; il modello a « nuclei », cioè gruppi di aule intercomunicanti e convergenti verso un proprio spazio comune, collegati dai servizi generali (adatto per la realizzazione in più fasi e in tempi differiti).

Ciascun «modello» comportava la definizione di una specifica connotazione dei vari tipi di scuola e una diversa caratterizzazione planovolumetrica.

Quindi si è passati a verificare, in parallelo, le caratteristiche che dovevano possedere i componenti ed i tipi di scuole elementari e medie ottenibili con il sistema metaprogettuale adottato. A questo scopo il gruppo di progettazione si è suddiviso in tre sottogruppi, sempre in costante coordinamento, di cui uno procedeva alla messa a punto dei componenti, gli altri due allo studio delle tipologie edilizie. I componenti di questi due sottogruppi sceglievano liberamente il «modello » da studiare, in modo che ne potesse conseguire una maggiore «personalizzazione» dei tipi edilizi, pur nell'ambito del coordinamento generale.

a

(segue)

comunale, regionale, statale; con esso si richiede alle imprese di produrre un progetto che soddisfi ai termini urbanistici, architettonici, tecnici ed economici del bando e di attuarlo, secondo prescrizioni e tempi prefissati, in modo da pervenire ad una consegna «chiavi in mano».

Da qualsiasi parte nasca l'iniziativa la metodologia e gli elementi per porre in essere il progetto sono i medesimi, o per lo meno analoghi. Schematizzando, si dovrebbe procedere nel modo seguente: a) analisi della domanda per conoscere il fabbisogno e per definire gli standards ai vari livelli (urbanistico, edilizio, tecnologico, economico, ecc.); b) puntualizzazione delle esigenze dell'utenza e del suo comportamento nell'uso ai fini della definizione degli attributi da conferire allo «spazio costruito» (modelli abitativi per la casa, per la scuola, ecc.); e) definizione del grado di flessibilità d'uso che deve possedere lo «spazio costruito»; d) determinare il grado di flessibilità costruttiva che devono avere i procedimenti costruttivi per soddisfare sia le esigenze abitative che l'economia esecutiva; e) individuazione dei tipi edilizi (alle varie scale) e della loro capacità di aggregazione sia a livello di organismo che urbanistico; f) scelte per il coordinamento dimensionale modulare, sia ai fini funzionali che costruttivi, da applicare a livello di organismo e di componenti; g) scelte tecnologiche relative alla produzione, alle capacità di prestazione dei componenti e al procedimento costruttivo nel suo insieme; h) definizione delle « performances » dimensionali e costruttive dei vari tipi di componente; i) indicizzazione dei costi-

(segue a Tav. 131)

(segue)

Per quanto concerne i componenti sono state prefissate le caratteristiche dimensionali modulari che dovevano possedere e redatta una scheda con le capacità di prestazione richieste senza un riferimento puntuale alle tecnologie, in modo che i produttori consorziati potessero fare liberamente le proprie scelte. Oltre alle « performances » dimensionali (vedi Tav. 130), sono state studiate le correlazioni dimensionali standards in pianta e in alzato tra i vari elementi di fabbrica, la maglia di aggregazione dell'ossatura portante' e di tessitura delle chiusure orizzontali, le modalità per i piani di montaggio (vedi Tav. 131).

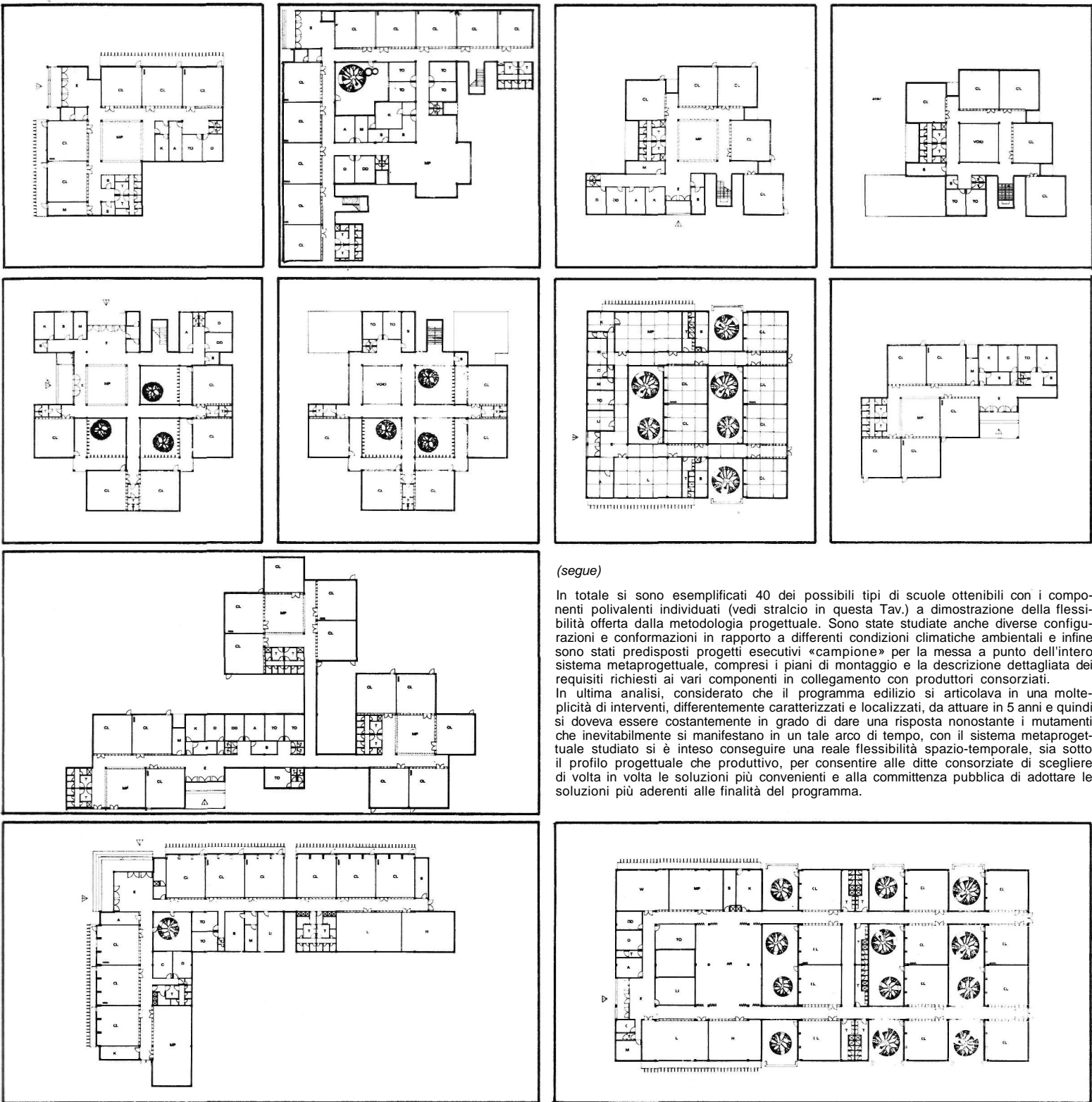
Per quanto riguarda la definizione dei tipi edilizi sono state predisposte soluzioni ad 1 e a 2 piani sia per scuole elementari da 5, 10, 15 e 20 aule, secondo quattro dei modelli pedagogici prescelti, sia per scuole medie da 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 e 24 aule, secondo due dei « modelli pedagogici » prescelti.

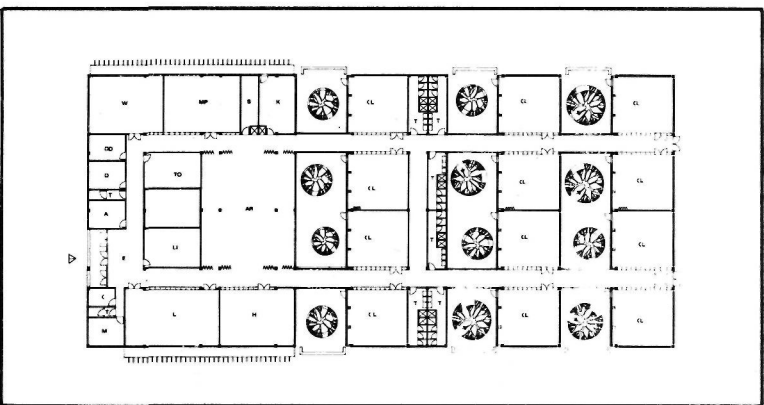
a

TAVV. 131-132. — PROGETTAZIONE MODULARE DELL'ORGANISMO EDILIZIO

(segue da Tav. 130,)

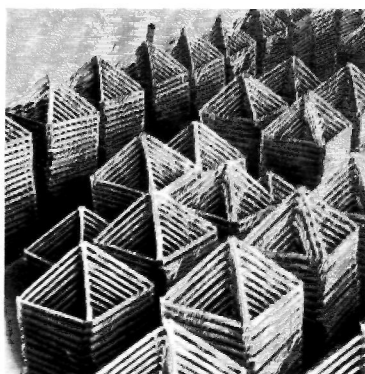
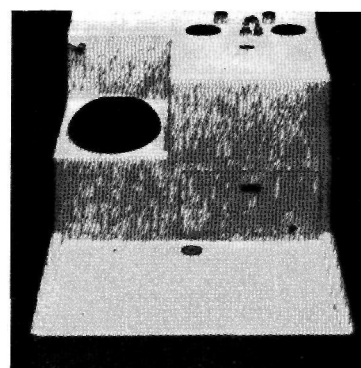
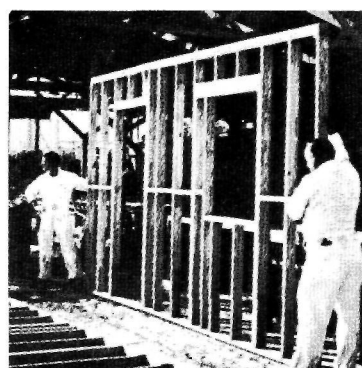
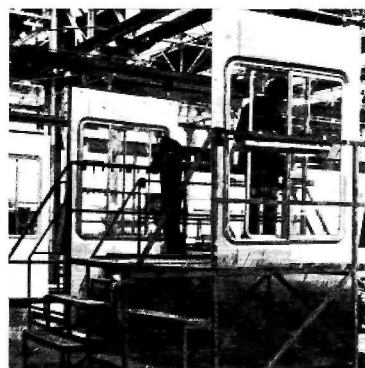
Salvo i punti a e b, tutte le altre operazioni si effettuano con un procedimento a «feed-back», quindi la successione data ha il solo valore di una elencazione. Come si può notare la metodologia da seguire e gli elementi che si debbono considerare sono propri di un processo « metaprogettuale », che vuol definire una serie di parametri e vincoli per regolare e verificare la fattibilità dell'intervento, ma lascia delle valenze libere, nei limiti propri di una azione programmata, per stabilire puntualmente le caratteristiche finali che verranno ad assumere gli organismi (ripetibili si, ma non icasticamente) in rapporto alla consistenza reale che dovranno assumere in base a precise localizzazioni. In tal modo si ottiene una flessibilità progettuale che, pur correlata alle esigenze di una produzione industriale, mantiene una propria autonomia a livello architettonico e urbanistico, a significare consapevolezza delle esigenze sociali e culturali della collettività.

Il progetto, anzi, la metaprogettazione illustrata nelle Tavv. 129, 130, 131-132 si riferisce al caso di un organo di governo che si rivolge all'industria direttamente per attuare un programma a livello nazionale, e precisamente per realizzare scuole di diverso ordine e grado da localizzare su tutto il territorio. In base ad un programma quinquennale sui fabbisogni ed un regolamento sull'edilizia scolastica, le imprese e le industrie invitate dovevano prospettare l'intero apparato produttivo, i «modelli pedagogici» da adottare, i vari tipi edilizi, le capacità di prestazione dei componenti, uno o più procedimenti

(segue)

In totale si sono esemplificati 40 dei possibili tipi di scuole ottenibili con i componenti polivalenti individuati (vedi stralcio in questa Tav.) a dimostrazione della flessibilità offerta dalla metodologia progettuale. Sono state studiate anche diverse configurazioni e conformazioni in rapporto a differenti condizioni climatiche ambientali e infine sono stati predisposti progetti esecutivi «campione» per la messa a punto dell'intero sistema metaprogettuale, compresi i piani di montaggio e la descrizione dettagliata dei requisiti richiesti ai vari componenti in collegamento con produttori consorziati.
In ultima analisi, considerato che il programma edilizio si articolava in una molteplicità di interventi, differentemente caratterizzati e localizzati, da attuare in 5 anni e quindi si doveva essere costantemente in grado di dare una risposta nonostante i mutamenti che inevitabilmente si manifestano in un tale arco di tempo, con il sistema metaprogettuale studiato si è inteso conseguire una reale flessibilità spazio-temporale, sia sotto il profilo progettuale che produttivo, per consentire alle ditte consorziate di scegliere di volta in volta le soluzioni più convenienti e alla committenza pubblica di adottare le soluzioni più aderenti alle finalità del programma.

(segue)

costruttivi industrializzati, i tempi e i costi di attuazione. E l'approccio tipico adottato nei confronti di imprese straniere dai Paesi in via di sviluppo. Nel caso specifico si doveva pianificare e progettare un intervento di milioni di metri quadrati di edifici scolastici diffusi su di un territorio vasto, formato da regioni con caratteristiche sotto tutti gli aspetti molto differenziate. Con il progetto (sviluppato da un «engineering consulting ») si dovevano al tempo stesso soddisfare le esigenze della committenza, il ministero della pubblica istruzione locale, e della produzione, che contemplava l'istituzione di un consorzio di imprese di diversi Paesi e con differenti procedimenti costruttivi. In pratica gli obiettivi della progettazione erano i seguenti: consentire la realizzazione indifferentemente di scuole elementari e scuole medie, anche con modelli pedagogici differenziati; garantire per ciascun tipo di scuola più soluzioni sia sotto il profilo dimensionale che distributivo; rispondere alle diverse situazioni ambientali, demografiche e insediative delle varie regioni in cui si prevedeva la localizzazione delle scuole; consentire al consorzio dei produttori di adottare i procedimenti costruttivi più convenienti sotto il profilo tecnologico ed economico in rapporto alla quantità e ai tipi di scuole da produrre, nonché alle varie situazioni locali.

Gli obiettivi erano tali e così differenziati da consigliare, più che l'adozione in partenza di un procedimento costruttivo, la individuazione di un sistema di progettazione che potesse avere attributi di flessibilità tali da consentire una gamma sufficientemente ampia di scelte.

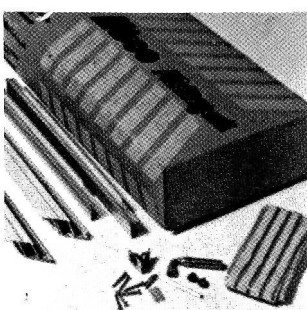
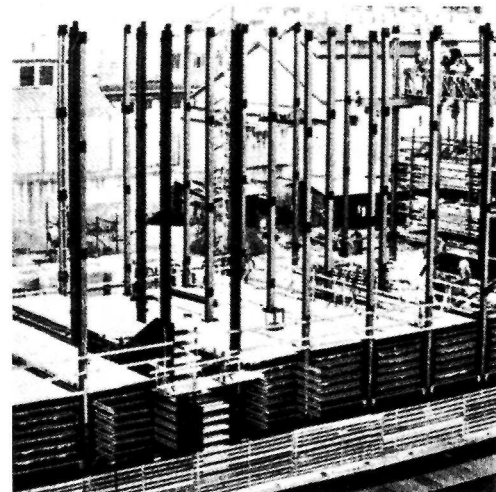
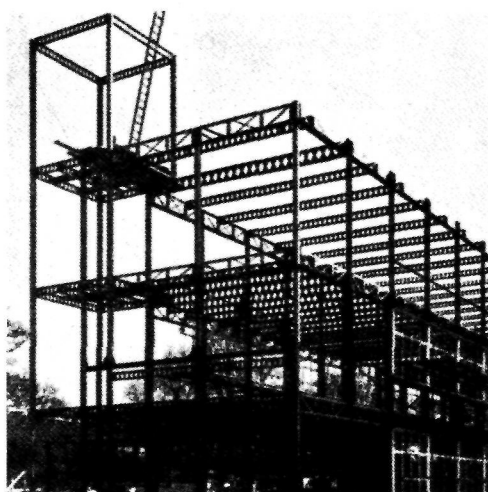
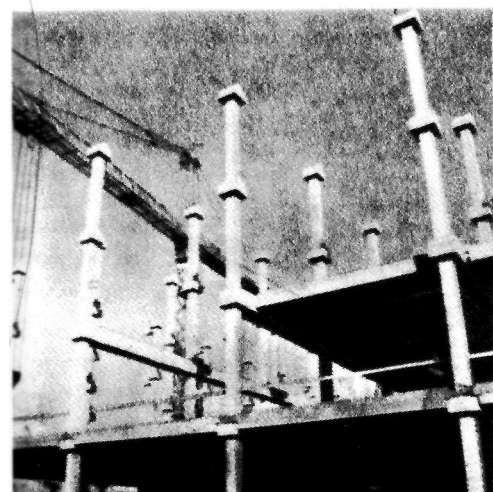
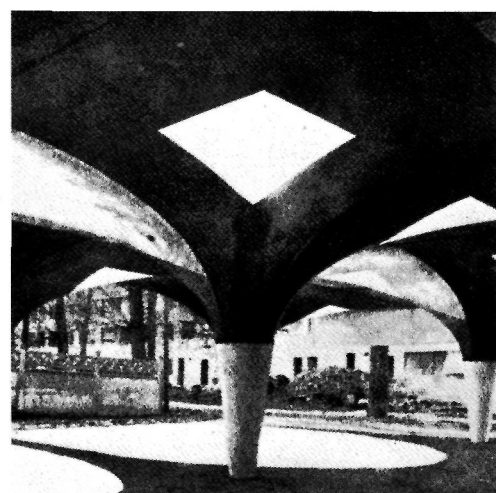
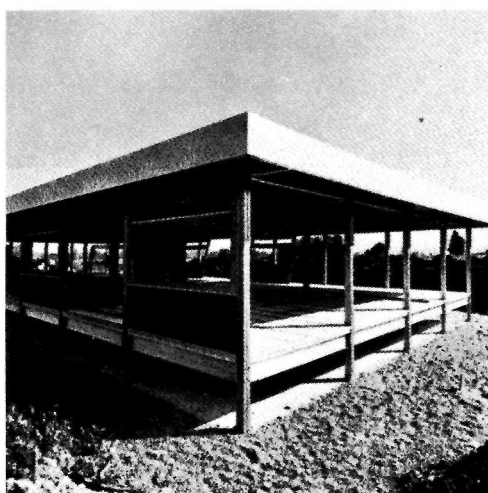
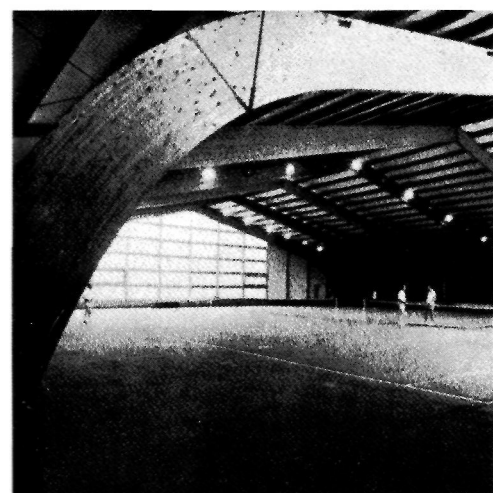
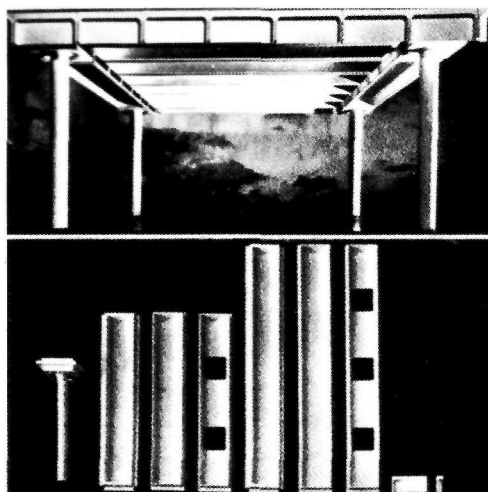
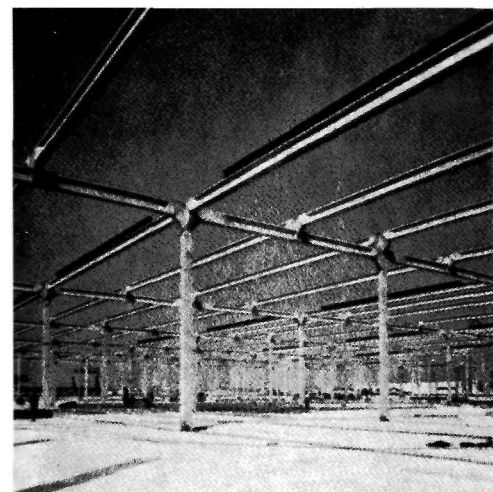
a

a	b	c	d
e		f	
g	h	i	
l			

TAV. 133. — IL COMPONENTE INDUSTRIALIZZATO

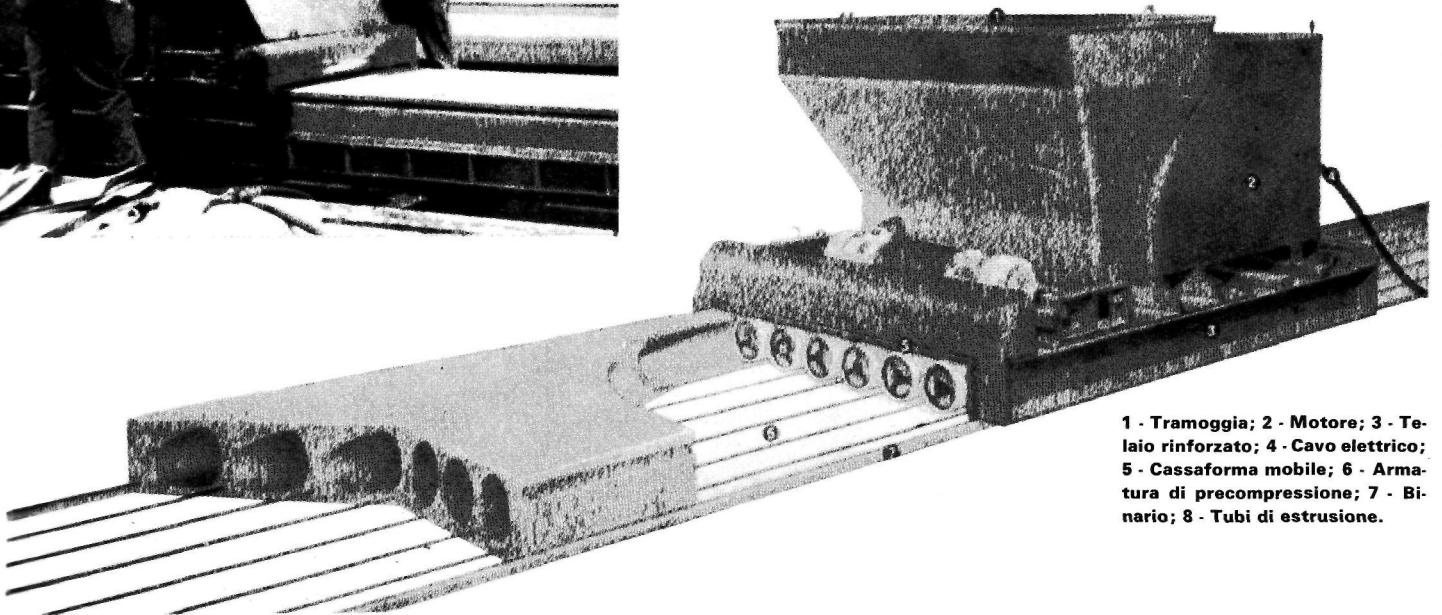
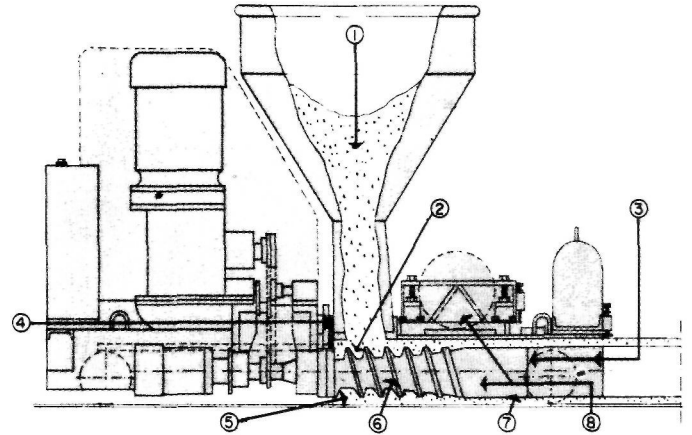
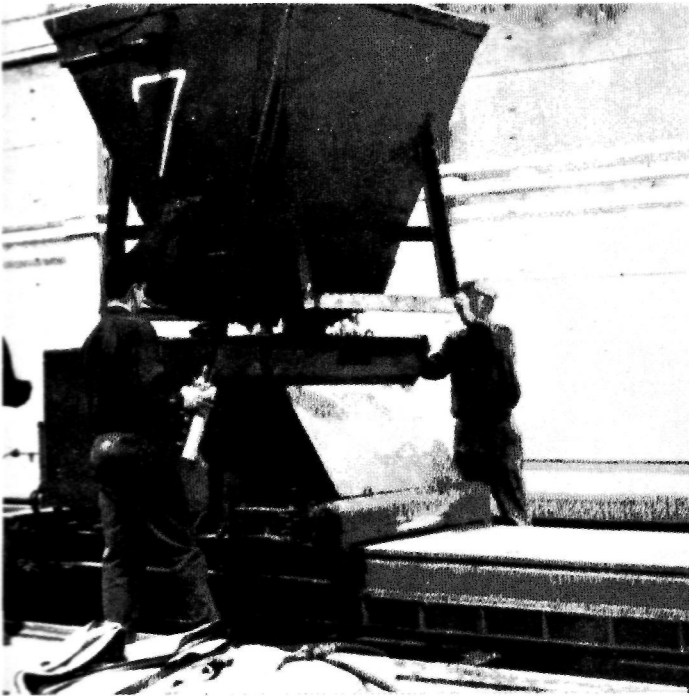
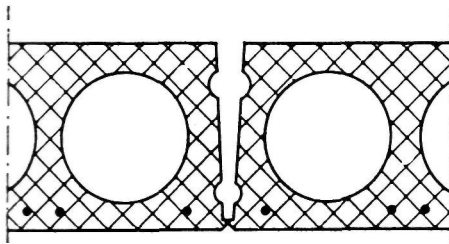
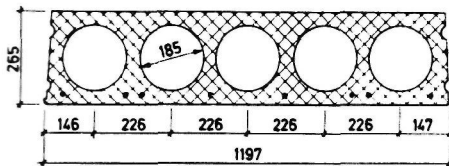
La produzione industriale di elementi costruttivi funzionali risale alla metà del 1800 e l'obiettivo di estendere il loro impiego indipendentemente dalla definizione progettuale degli organismi edilizi in cui se ne prevede la applicazione ha rappresentato una costante nelle finalità commerciali dei produttori. Tale obiettivo ha significato innanzi tutto promuovere la normalizzazione e l'unificazione degli elementi costruttivi, se non a livello generale, nell'ambito della produzione di una o più ditte; inoltre ha richiesto uno studio preventivo delle richieste del mercato, facendo riferimento particolarmente ai tipi di elementi, alle loro caratteristiche dimensionali e costruttive ricorrenti nelle tipologie normalmente in uso nell'edilizia; infine ha implicato lo studio rigoroso delle tecnologie e dei procedimenti ai fini di una produzione su basi industriali del componente.
In sostanza si è inteso attribuire al componente una versatilità tale da non essere soggetto, entro certi limiti, alla conoscenza puntuale dell'organismo in cui si prevede debba essere impiegato e quindi conferirgli una mag-

(continua a pag. 290)

a, produzione in serie di pannelli-facciata comprensivi di serramenti; b, produzione in serie di serramenti interni; c, produzione in officina di telai in legno per chiusure verticali; d, blocco funzionale di utilizzazione prodotto industrialmente; e, deposito di uno stabilimento che produce elementi costruttivi in c.a.; f, pannello-facciata prodotto in officina; g, h, i, produzione industriale di elementi reticolari in acciaio per chiusure orizzontali; l, «scatola di montaggio» per serramenti in alluminio.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 134. — IL COMPONENTE INDUSTRIALIZZATO

Altra via seguita dai produttori di oggetti edilizi intermedi per assicurarsi la collocazione commerciale del prodotto è stata quella di inserirsi in modo determinante nel cantiere edile. Appoggiati direttamente o indirettamente dalle grandi industrie produttrici delle materie prime (cementi, acciaio, alluminio, legno, ecc.) hanno imboccato la via del «componente finalizzato», cioè produrre, in rapporto alla domanda espressa dal mercato edilizio o da programmi governativi, componenti per realizzare o soltanto l'ossatura portante o l'intero organismo edilizio da consegnare «chiavi in mano». La produzione di componenti «finalizzati» si è rivolta inizialmente allo scheletro portante per capannoni industriali ed edifici monopiano, poi allo scheletro o all'ossatura a pannelli per edifici multipiano. In seguito si è passati alla produzione dell'ossatura unitamente con le chiusure orizzontali e infine anche con le chiusure verticali e le partizioni interne (in pratica si produce l'edificio). In tal modo si è giunti al «ciclo chiuso», all'edificio a «catalogo». Se con il «ciclo aperto» il produttore del componente conserva la figura di «fornitore» dell'impresa costruttrice, con il «ciclo chiuso» diviene, in modo diretto o indiretto, compartecipe, se non unico attore in senso economico, della gestione del cantiere edile.

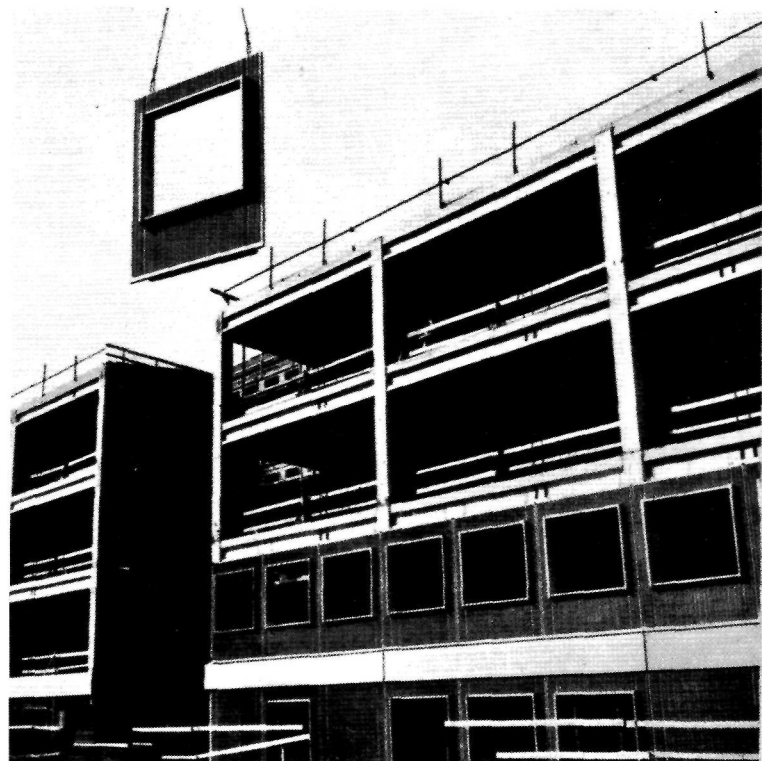
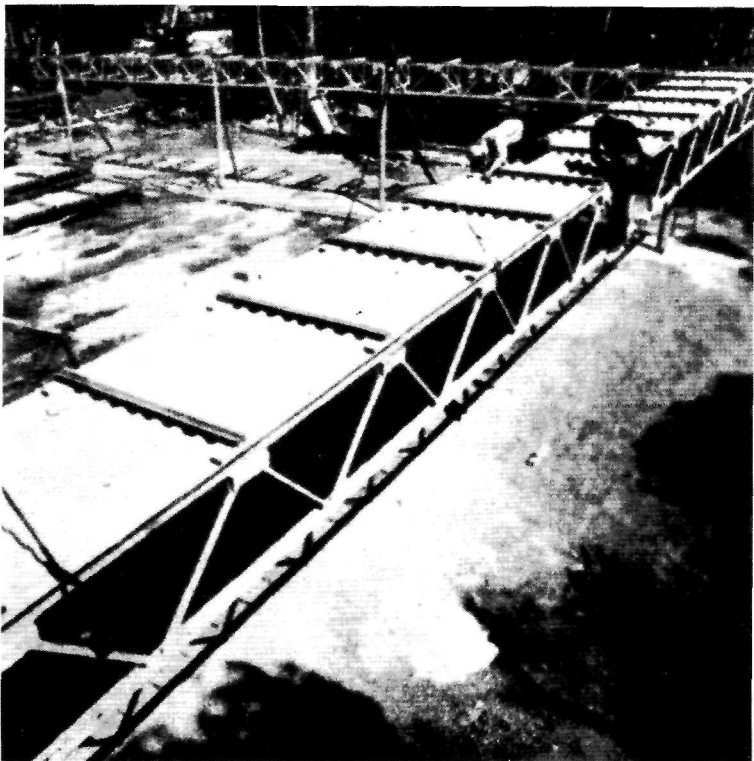
a, scheletro portante in c.a. per capannoni; b, componenti coordinati finalizzati per organismi monopiano (arch. Mangiarotti); c, d, scheletri portanti in legno « lamellare »; e, scheletro portante in alluminio per scuole; f, elementi a « fungo » in materie plastiche; g, scheletro portante pluripiano a pannelli-solaio; h, scheletro pluripiano in acciaio; i, ossatura portante montata con il procedimento « lift-slab ».

a | b
c
d | e

TAV. 135. — IL COMPONENTE INDUSTRIALIZZATO

Produzione industriale di pannelli-solaio in c.a.p, per apparecchiature costruttive piane o piano-lineari sia di scuole sia di altri tipi edilizi in cui si ha necessità di grandi luci e di elementi in grado di portare sovraccarichi notevoli; infatti questi pannelli-solaio, date le loro caratteristiche di resistenza, possono consentire ampie superfici da organizzare per le più svariate funzioni. Vengono realizzati in c.a.p. alleggerito con cavità longitudinali, che assicurano anche l'isolamento termico e acustico, hanno una larghezza modulare 12M, uno spessore di 26 cm e permettono di coprire fino ad una luce libera di 12 m con sovraccarichi accidentali di 400 Kg/mq.

I pannelli solaio vengono prodotti in officina con una macchina ad estrusione che scorre su due binari (a, b, e) e che funziona nel modo seguente: il calcestruzzo contenuto nella tramoggia (1) attraverso una camera di alimentazione (2) viene distribuito su tutta la sezione (5), quindi trasportato e spinto, dalle viti senza fine (6), contro lo stampo di estrusione, costituito dal banco di prefabbricazione per la parte inferiore e da tre piastre, solidali alla macchina, per le parti laterali e superiori; prima che il calcestruzzo fuoriesca dalla macchina viene compattato mediante due sistemi di vibratori, in modo che all'avanzare della macchina stessa mantenga la forma conferitagli dallo stampo.

L'elemento così ottenuto ha una lunghezza di oltre 100 m; dopo la maturazione a vapore viene tagliato, con l'ausilio di speciali seghe scorrevoli su binari (e), in pannelli dalle misure volute, che poi vengono inviati alle aree di deposito. Nei due disegni di fig. d sono rappresentate la sezione trasversale tipo dei pannelli e l'unione tra due pannelli.

a	b
c	d

TAV. 136. — IL COMPONENTE INDUSTRIALIZZATO

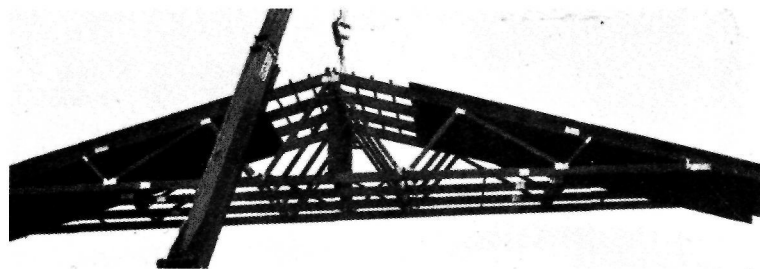
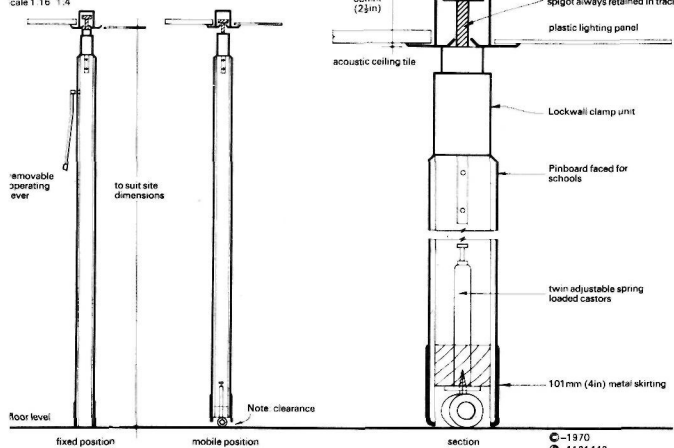
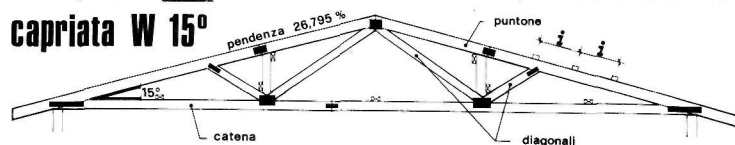
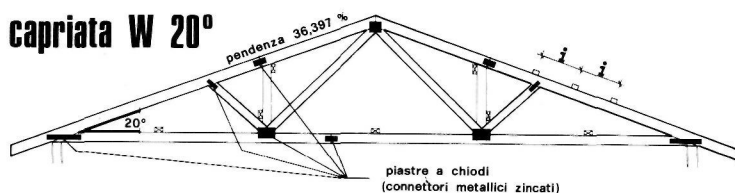
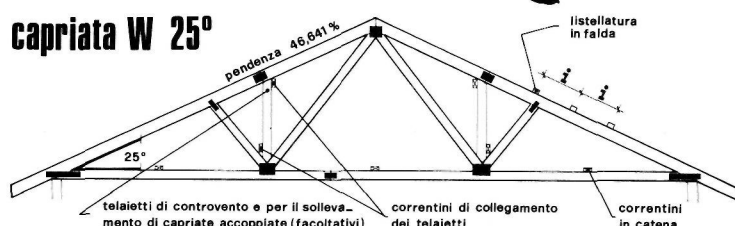
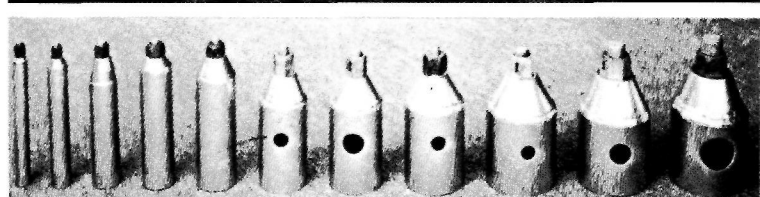
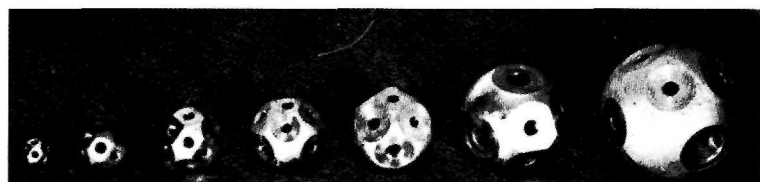
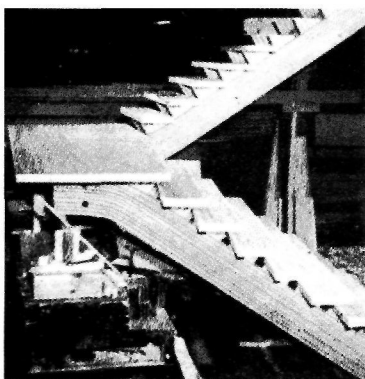
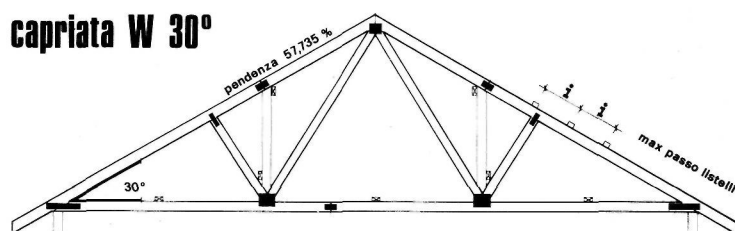
Inizialmente si è inteso risolvere la problematica della prefabbricazione esclusivamente in funzione di un materiale (acciaio, c.a., laterizio, legno, alluminio, materie plastiche, ecc.), dando luogo a posizioni «autarchiche» della ricerca tecnologico-progettuale e «isolazionistiche» sul piano organizzativo-imprenditoriale. Si sono avute così tante «prefabbricazioni» quanti erano i materiali «principe» considerati (prefabbicazione dell'organismo «tutto» in c.a., «tutto» in acciaio, «tutto» in laterizio, ecc.), ma si è poi constatato che la realtà costruttiva e cantieristica investe una molteplicità di «materiali» e che solo la collaborazione tra diversi settori produttivi può assicurare l'equilibrio e la vitalità imprenditoriale; inoltre si è dovuto riconoscere che una valida progettazione in termini architettonico-urbanistici ha finalità che non possono essere condizionate da mere convenienze produttive e da una visione «tecnicistica». Oggi è in atto, anche per ragioni economiche, un processo di integrazione («pool» delle ricerche ed esperienze per «gruppi» di produttori e costruttori) che promuove una evoluzione tecnologica ed una maggiore attenzione per l'utenza, spostando l'obiettivo dalla sola «quantità» alla « quantità + qualità globale» (qualità dello «spazio costruito» oltre che del componente).

a, pannelli-solaio in c.a. sia per scheletri in c.a. che in acciaio; b, pannello-facciata in poliestere rinforzato e cls. «leggero» per scheletro in acciaio; e, trance-solaio applicabile solo in scuole con ossatura in acciaio; d, pannelli-facciata latero-cementizi sia per ossatura in c.a. che in acciaio.

Sheet 22/1 April 72

CI/SfB | (22) | Xi |

Demountable partition: Track Lockwall

a	b
c | d	e

TAV. 137. — IL COMPONENTE INDUSTRIALIZZATO

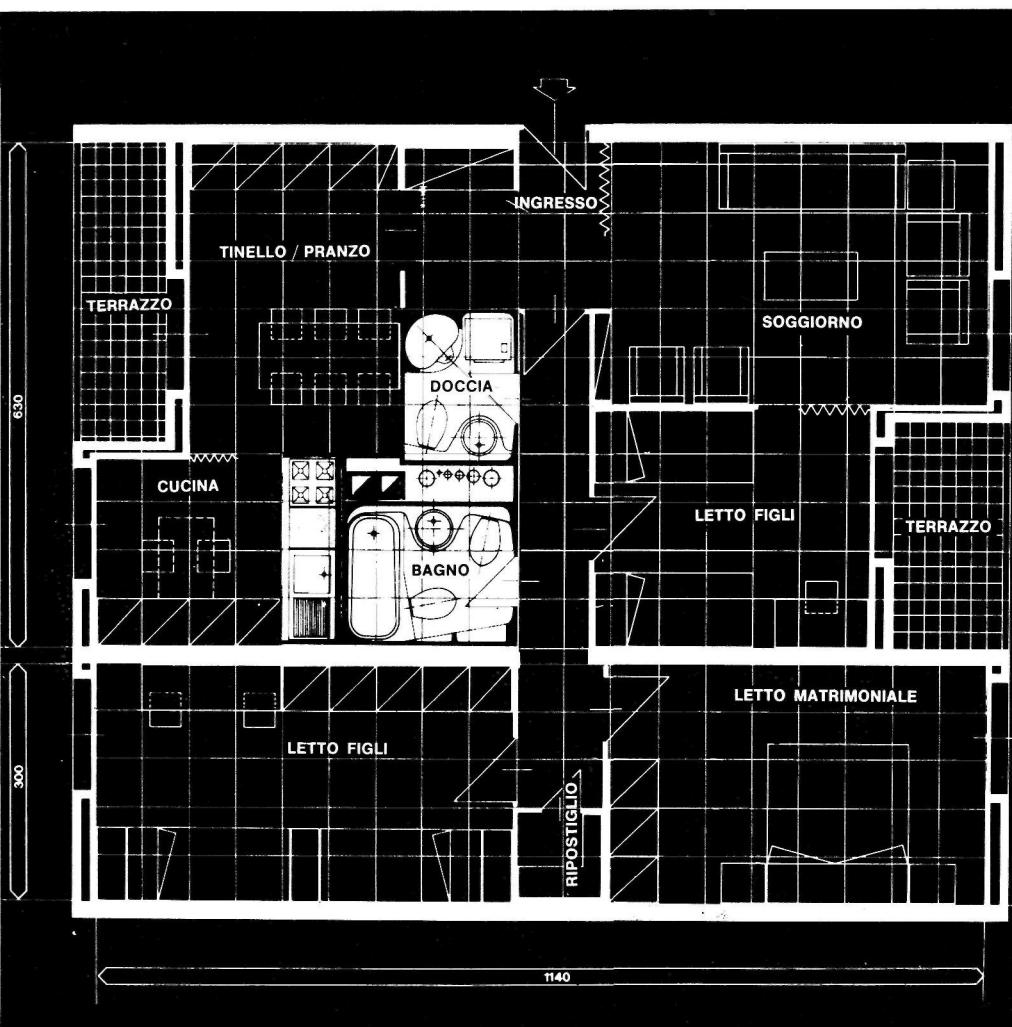
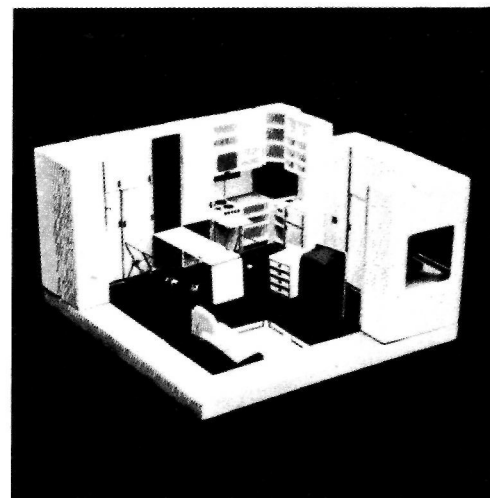
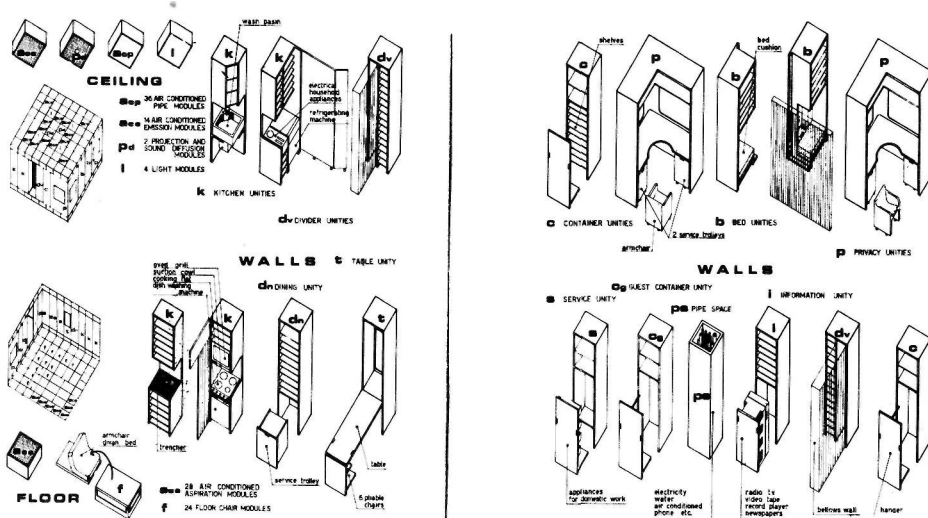
Porre in commercio in componente in qualità di «materiale» con possibilità di impiego in uno o più procedimenti costruttivi e in una o più tipologie edilizie ha condotto al «catalogo» e al «certificato di idoneità». Per rendere note all'utilizzatore le capacità di prestazione e di impiego dei prodotti si è avuta la necesità di predisporre per ciascun tipo di componente, o per ciascun insieme assemblato ottenibile con uno o più tipi di componente, una **scheda tecnica** con tutti i dati necessari per fornire gli attributi di qualità, combinabilità e accoppiabilità, nonché le modalità per trasporto, posa in opera, manutenzione, ecc. L'insieme delle «schede tecniche» degli elementi prodotti costituisce il «catalogo» che la ditta pone a disposizione della committenza.

Per garantire le qualità del prodotto e la sua rispondenza al tipo di impiego, nonché per rispondere alle norme in vigore sui requisiti che deve possedere il componente o l'insieme assemblato di componenti, si provvede mediante un **certificato di idoneità,** cioè un documento ufficiale che comprovi le capacità di prestazione e di impiego del prodotto mediante marchio di garanzia, prove ed analisi di laboratorio, deposito o vidimazione presso organi governativi di controllo. Il « certificato di idoneità » non è altro che la convalida ufficiale di quanto enunciato sul « catalogo » con la « scheda tecnica ».

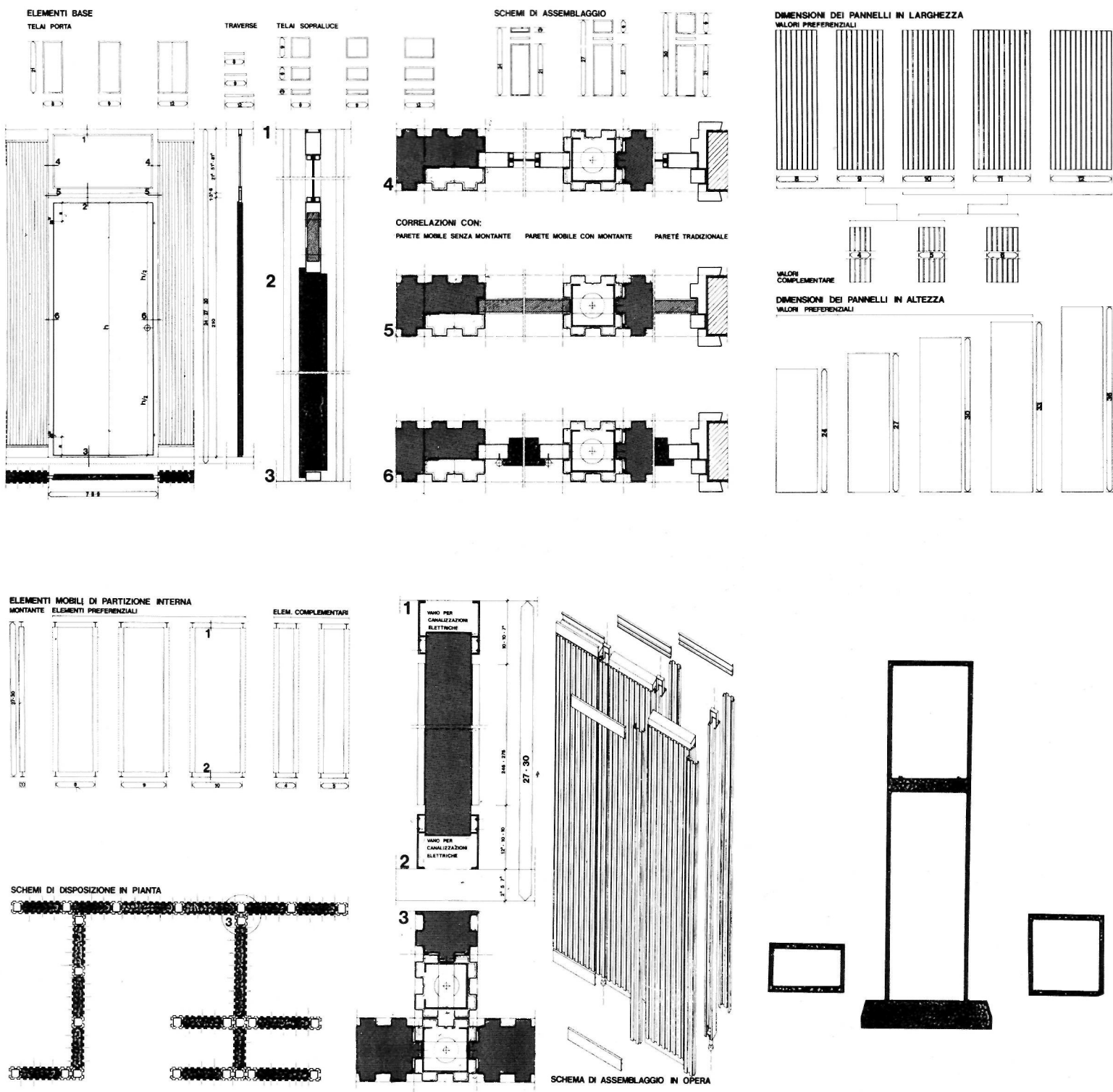
a, b, stralci di « scheda tecnica » per partizioni interne (a) e per capriate (b); c, d, e, scala in legno, cellula spaziale, aste e nodi per CO. prodotti a « catalogo ».

TAV. 138. — PROGETTAZIONE MODULARE DEL COMPONENTE

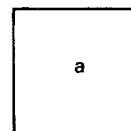
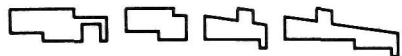
Ai fini della «combinabilità» è necessario il coordinamento dimensionale dei componenti che formano un «insieme assemblato ». In base alle esigenze sia tecnologiche della produzione sia funzionali-costruttive dei tipi edilizi in cui se ne ipotizza l'impiego si fissano per il componente le dimensioni standards che regoleranno linearmente e/o bi-tridimensionalmente le dimensioni dell'insieme assemblato. In questo senso le dimensioni del componente rappresentano il «modulo misura» per l'insieme assemblato. Qualsiasi produzione di elementi componibili deve prevedere un coordinamento dimensionale e quindi fissare un « modulo »; in un primo tempo ciascuna ditta ha fissato una propria « modulazione» che, se era funzionale « all'interno » degli insiemi assemblati prodotti, tuttavia non garantiva a questi la piena compatibilità di correlazione con altri elementi di fabbrica, limitandone così le possibilità di impiego. Venivano a cadere i requisiti dell'« intercambiabilità » nell'ambito degli elementi di fabbrica e della «compatibilità» tra componenti di elementi di fabbrica diversi, senza i quali non è possibile quella «integrazione» che è l'obiettivo dell'edilizia industrializzata. Si è fissato un modulo misura internazionale (1 M = 10 cm) proprio per coordinare a livello generale la produzione dei componenti.

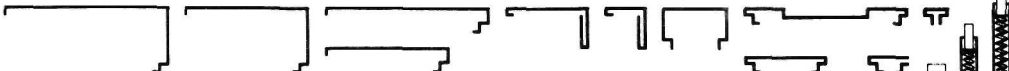
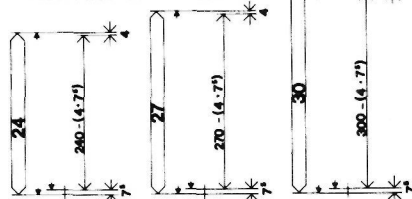
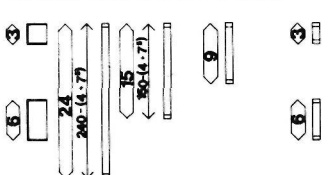
Esempi di componenti coordinati secondo il modulo internazionale mediante «scelte multimodularì semplici» o «classi di ingombro modulari »: a, controsoffitto su reticolo 6M x12M; b, sovraimpalcato su reticolo 6M x6M; e, serramenti a « catalogo» in classi di ingombro modulari; d, pannelli-facciata coordinati linearmente in 3M.

a	b	c
d		e
		f

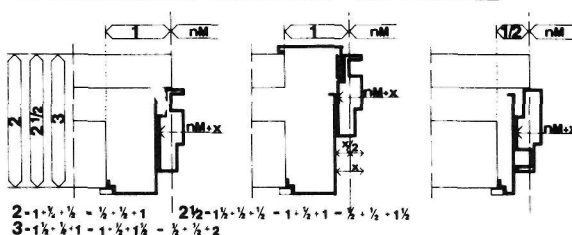
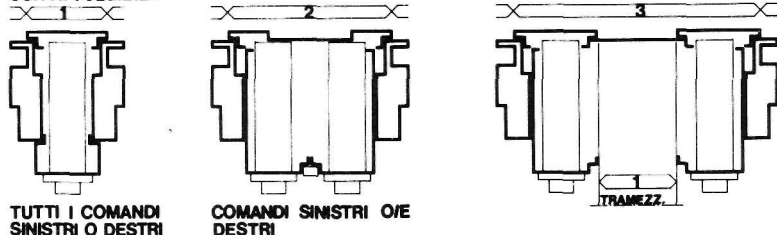
TAV. 139. — PROGETTAZIONE MODULARE DEL COMPONENTE

Oggi sono disponibili sul mercato componenti che tendono a risolvere il problema dell'integrazione degli arredi e dei servizi con l'apparecchiatura costruttiva; si tratta delle pareti attrezzate e dei blocchi-ambiente bagno e/o cucina. Sia gli elementi delle pareti attrezzate sia i blocchi-ambiente funzionali sono delle entità volumetriche: i primi come «contenitori» di oggetti, i secondi come «cellule abitative» di servizio. Date queste loro caratteristiche possono essere considerati, per quanto concerne il coordinamento dimensionale, «moduli oggetto». Ad esempio il progetto di G. Mari per un « Modular Equipment for New Domestic Environments » prevede l'applicazione di elementi di parete attrezzata, unitamente ad elementi di pavimento e di controsoffitto (a, b), in modo che l'insieme assemblato determini un ambiente «flessibile» (c), che ripetuto può classificare, data la variabilità compositiva dei «moduli oggetto» uno spazio semplicemente delimitato dalle chiusure orizzontali e dalla trama dei pilastri. Analoghe condizioni si hanno per i blocchi-ambiente funzionali quando sono integrati con le cellule spaziali (vedi Tav. 147). Gli elementi delle pareti attrezzate e i blocchi-ambiente funzionali, quando sono componenti da inserire in apparecchiature costruttive «piane» o «piano-lineari» basate sul «modulo misura», debbono avere dimensioni «esterne» secondo questo parametro o comunque tali da risultare compatibili e aggregabili con altri componenti, come dimostra la figura d tratta dal «catalogo» di una ditta produttrice di blocchi-ambiente bagno (e, f).

TAV. 140. — PROGETTAZIONE MODULARE DEL COMPONENTE

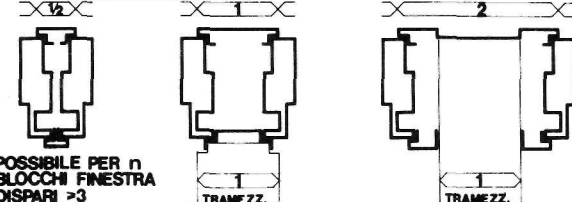
Partizione interna spostabile (per abitazioni), comprensiva di serramenti, in pannelli sandwiches con strati esterni in lamiera (M. Grisotti, E. Mandolesi, G. Iardella). Il coordinamento dimensionale modulare è impostato nel seguente mòdo: porte, larghezza dei telai nelle classi d'ingombro 8M, 9M, 12M; altezza per classi d'ingombro secondo le luci libere di piano 24M, 27M, 30M, conseguibili con due elementi, la porta di 21 M e il sopraluce variabile 3M, 6M, 9M; spessore in condizioni di indifferenza perchè compreso nello spessore dei pannelli-parete; pannelli-parete, larghezza secondo scelte multimodulari composte; per i pannelli che si uniscono direttamente senza montante, modulazione secondo la «tripletta di valori» (4M, 5M, 6M,) con elementi «preferenziali» in 8M, 9M, 10M, 11 M, 12M e «complementari» in 4M, 5M, 6M; per i pannelli con montante, modulazione secondo la «coppia» di valori (4M, 5M) con elementi «preferenziali» in 8M, 9M, 10M e «complementari» in 4M, 5M; per ambedue i tipi altezza secondo classi di ingombro modulari per le luci libere di piano 24M, 27M, 30M (abitazioni); spessore in 1 M; montante, ingombro di pianta 1Mx 1M («indifferenza » per modulazione unitaria); altezza sulle stesse classi dei pannelli. Si è adottata la lamiera con scanalatura ad interasse 1M con sfalsamento di y_2M, rispetto al bordo del pannello, per consentire l'innesto, sempre secondo intervalli modulari, di pareti perpendicolari; la conformazione «grecata», oltre a conferire una resistenza per forma ad evitare l'« oil comming effect », consente di mascherare il «giunto». I pannelli-parete hanno compensatori per assorbire le variazioni di spessore del pavimento e sono « attrezzabili » all'impianto elettrico, unitamente al montante.

a

PROFILI BASE

PROFILI COMPLEMENTARI

COORDIN. MODULARE VERTICALE
DELLE ALTEZZE DI PIANO

DEI CASSONETTI E TELAI BASE

COORDINAMENTO MODULARE ORIZZONTALE

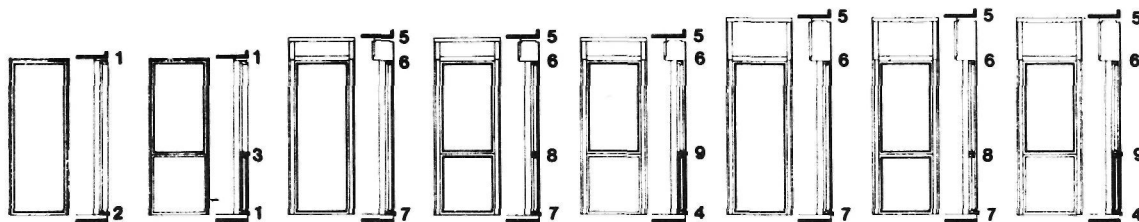
2 = 1 + ½ + ½ = ½ + ½ + 1
2½ = 1½ + ½ + ½ = 1 + ½ + 1 = ½ + ½ + 1½
3 = 1½ + ½ + 1 = 1 + ½ + 1½ = ½ + ½ + 2

COORDINAMENTO MODULARE PER BLOCCHI FINESTRA CONTIGUI
CON AVVOLGIBILE

TUTTI I COMANDI SINISTRI O DESTRI

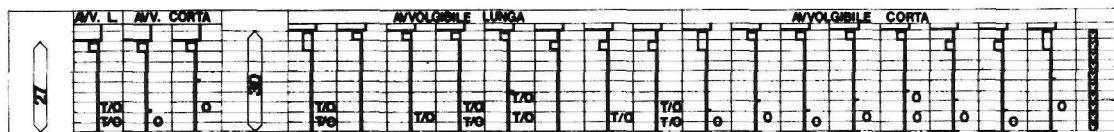
COMANDI SINISTRI O/E DESTRI

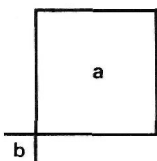
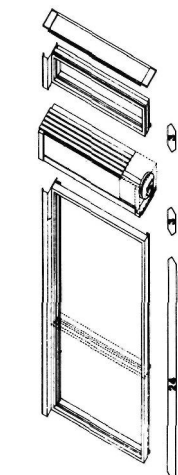
TRAMEZZ.

SENZA AVVOLGIBILE

POSSIBILE PER n BLOCCHI FINESTRA DISPARI >3

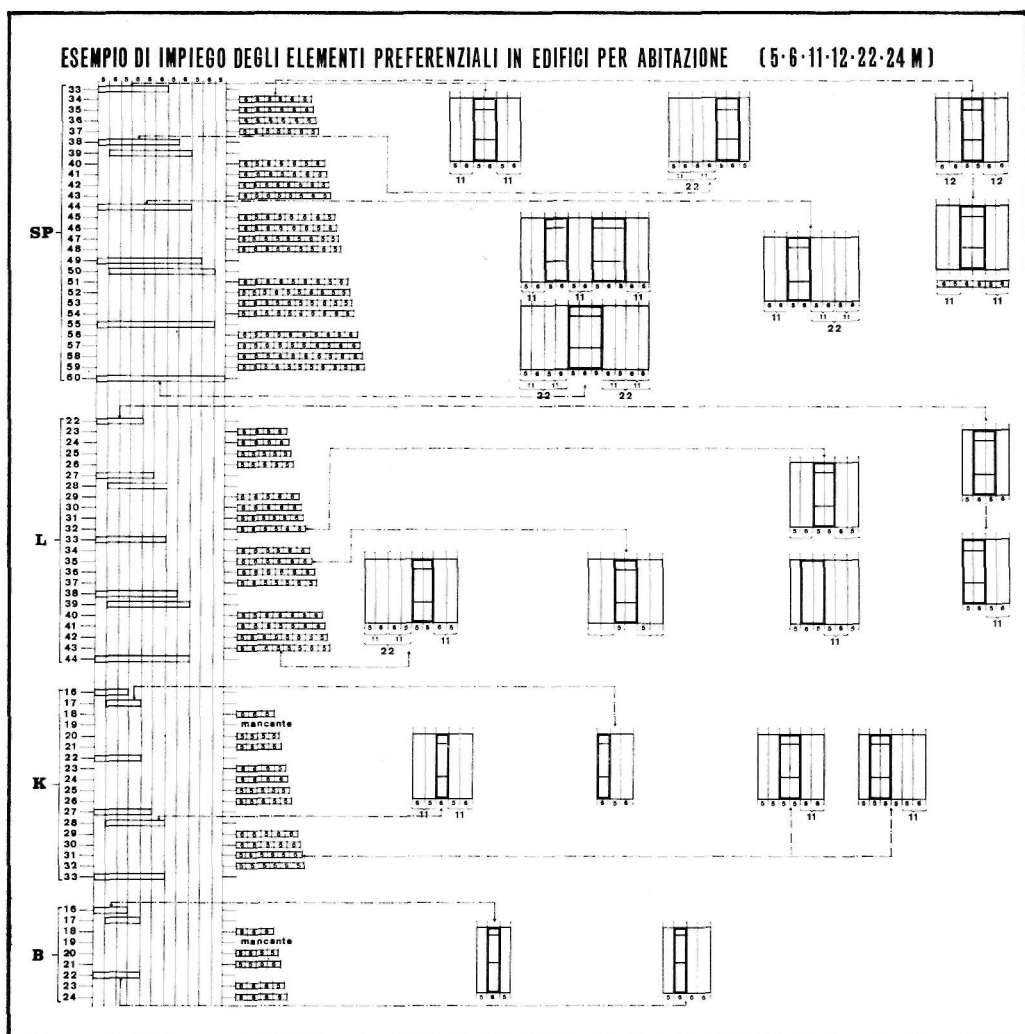
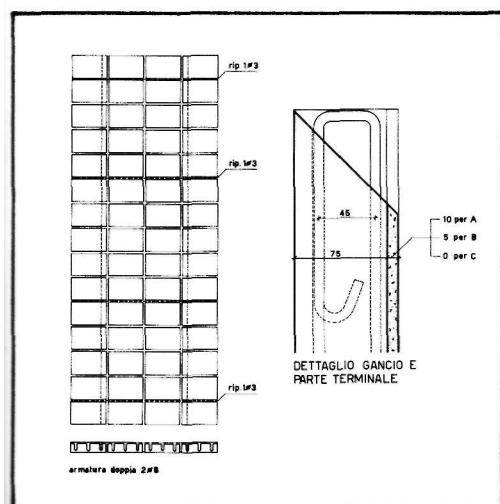
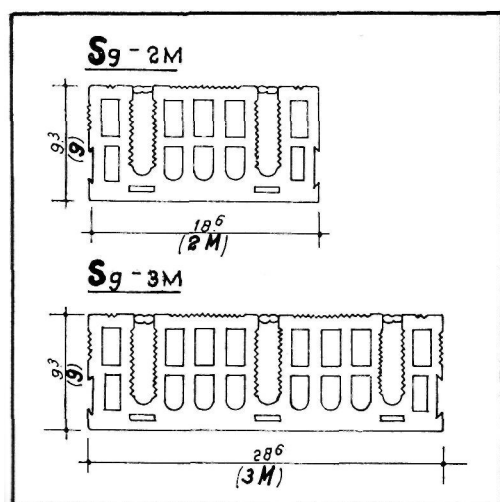
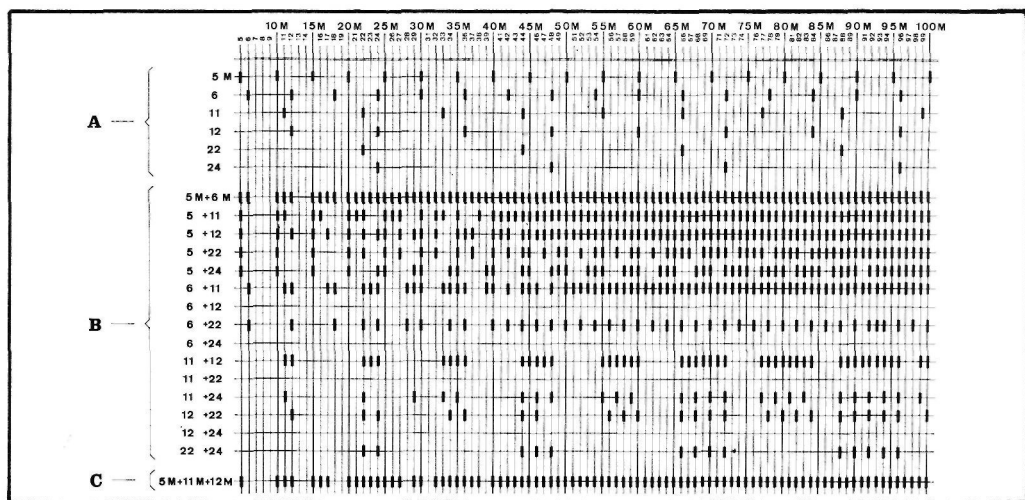
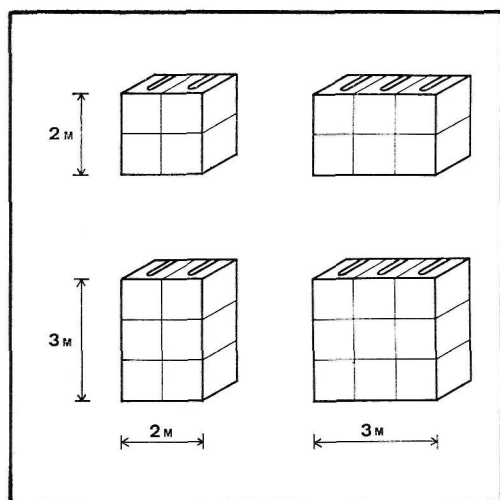
EDILIZIA RESIDENZIALE

CONFORMAZIONI POSSIBILI IN VERTICALE CON:
TELAI BASE 9·15·24
CASSONETTI 3·6

EDILIZIA RESIDENZIALE
FINESTRE CON AVVOLGIBILE
CONFORMAZIONI IN VERTICALE CONSIGLIABILI, OLTRE LE PRECEDENTI, CON:
TELAI BASE 3·6·9·15·24
CASSONETTI 3·6

AVV. L. AVV. CORTA AVVOLGIBILE LUNGA AVVOLGIBILE CORTA

EDILIZIA RESIDENZIALE
CLASSI DI LARGHEZZA 7·8 E 11·12
ABACO ACCOPPIAMENTI ORIZZONTALI
—— CON AVVOLGIBILE
▬▬ SENZA AVVOLGIBILE

7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26

TAV. 141. — PROGETTAZIONE MODULARE DEL COMPONENTE

Progetto di serramento «monoblocco» in lamierino zincato d'acciaio per l'edilizia residenziale (M. Grisotti, E. Mandolesi, G. Iardella), applicabile anche in procedimenti tradizionali.
Il coordinamento dimensionale modulare è basato su «classi d'ingombro» sia in altezza (24M, 27M, 30M) sia in larghezza (7M, 8M, 11M, 12M).
Si è svolta un'indagine sugli accoppiamenti in orizzontale del componente con i valori in larghezza sopraddetti, determinando un abbaco degli intervalli modulari «copribili» con una successione di serramenti, fino ad ottenere una facciata a courtain-walls (vedi stralcio dell'abbaco in basso alla figura a).

a, grafico riepilogativo relativo ai profili base e complementari, alle caratteristiche modulari, dimensionali e costruttive, alle correlazioni con altri elementi di CV e con le PI, ai vari tipi di conformazione conseguibili, ai possibili accoppiamenti in orizzontale; b, assonometria «esplosa».

TAV. 142. — PROGETTAZIONE MODULARE DEL COMPONENTE

Iter progettuale e sperimentale per la produzione di pannelli modulari portati e portanti in laterizio a «faccia vista» e intonacati (M. Grisotti, E. Mandolesi, G. Iardella) da inserire in procedimenti industrializzati a «ciclo aperto». Dovendo pervenire ad una produzione a «catalogo», senza un legame aprioristico a precise tipologie edilizie, la progettazione è stata articolata in più fasi tra loro interrelate, qui di seguito riassunte.

1ª *Fase,* riguardante i problemi di unificazione, coordinamento dimensionale e modulazione non soltanto degli elementi funzionali complessi, i pannelli, ma anche degli elementi base, i conci in laterizio, che debbono possedere attributi modulari per conferire modularità al pannello che conformano, specie se a «faccia vista». Si sono effettuate le seguenti scelte modulari: adozione del modulo internazionale 1M; dimensioni dei conci sulla coppia (2M, 3M) per H ed L («autonomia» nelle due direzioni), 1M per lo spessore («indifferenza»); dimensioni modulari preferenziali dei pannelli sulla coppia (5M, 6M) con «autonomia» nello sviluppo di facciata da

(segue a Tav. 143)

a, formati e dimensioni modulari degli elementi «base»; b, «modelli» di trafila dei conci provvisti di «scanalature a spacco»; c, esecutivo di pannello a semplice strato a «faccia vista»; d, stralcio dell'abbaco delle dimensioni ottenibili nello «sviluppo di facciata» (fino a 100 m.) con larghezza dei pannell « preferenziali » secondo diverse scelte multimodulari: *A,* pannelli della stessa larghezza (scelte multimodulari semplici »); *B,* C, pannelli con larghezza in due o tre valori (scelte multimodulari composte); notare la maggiore « capacità dimensionale» con scelte multimodulari composte; e, stralcio dell'indagine sull'impiego dei pannelli in più tipologie edilizie; g, prototipi dell'elemento «base».

SIGILLATURA IMPERMEABILIZZANTE CON MASTICE
SIGILLATURA DEL GIUNTO CON MALTA IN OPERA
MALTA DELLA 1ª FASE DI CONFEZIONE
INTONACO
CALCESTRUZZO DELLA 2ª FASE DI CONFEZIONATURA (IN OFFICINA OVV IN OPERA)
SCANALATURA DA IMPIEGARE NELLA 1ª FASE DI CONFEZIONE
SCANALATURA DA IMPIEGARE NELLA 2ª FASE DI CONFEZIONE
SCANALATURA DA IMPIEGARE IN FASE DI SIGILLATURA DEL GIUNTO
ARMATURA DELLO STRATO IN LATERIZIO PER LA 1ª FASE DI CONFEZIONE (PER CONFEZIONE DI PANNELLO FUORI OPERA CON CASSAFORME BASCULANTI E' SUFFICIENTE ARMATURA SEMPLICE)
STAFFE DISTANZIATRICI E DI COLLEGAMENTO
MALTA DI ALLETTAMENTO (LO SPIANAMENTO VIENE ASSICURATO MEDIANTE CUNEI)
CORDOLO DI COLLEGAMENTO
TONDINO SALDATO AL PIEDE DEL PANNELLO
TIPO DI POSIZIONAMENTO IN OPERA PER PANNELLO SANDWICH PORTANTE
TIPO DI POSIZIONAMENTO IN OPERA DEGLI STRATI IN LATERIZIO PER PARETI PORTANTI CONFEZIONATE IN OPERA
PANNELLO SANDWICH PORTANTE
TIPO DI CASSAFORMA PER PANNELLO SANDWICH

A

COPRIGIUNTO O SIGILLATURA A MALTA
SIGILLATURA CON MASTICE
TIPO DI CASSAFORMA
TIPO DI POSIZIONAMENTO IN OPERA DELLO STRATO ESTERNO
SIGILLATURA CON MALTA
RAPP. 1:10

B

h | i, l, m

n

TAVV. 143-144 — PROGETTAZIONE MODULARE DEL COMPONENTE

(segue da Tav, 142)

20M in su. Pannelli preferenziali da produrre 5M, 6M, 10M, 11M, 12M, 22M, 24M per avere flessibilità di utilizzazione e diminuire il numero dei giunti verticali. L'impiego dei conci laterizi con H in 2M, e 3M consente di coprire le altezze di piano ricorrenti nelle principali tipologie edilizie. Si è verificato che i pannelli preferenziali adottati avevano dimensioni tali da formare insiemi assemblati per un'ampia gamma dimensionale di sviluppo-facciata.

2ª *Fase,* concernente lo studio dei prototipi sia degli elementi base modulari in laterizio sia dei pannelli modulari portanti e portati; si è individuato un unico tipo di concio per ottenere sia pannelli portanti che portati, dotato di scanalature a «spacco» (con passo di nM/2 dal bordo) per inserire le armature metalliche e canalizzazioni dell'impianto elettrico; per la produzione del concio sono stati messi a punto i modelli di trafila e le caratteristiche morfologiche anche in rapporto al tipo di finitura (a «faccia vista » o a intonaco). Per la confezione dei pannelli sono state previste casseforme dotate di griglia per il posizionamento dei conci. Per i pannelli si sono definite: le caratteristiche morfologiche, in modo che in unico tipo di pannello si realizzano sia lo strato esterno a faccia vista della tamponatura a cassetta, sia i due strati delle pareti portanti sandwiches; le caratteristiche di resistenza e le capacità fisico-tecniche; la conformazione e la dimensione del giunto tra pannello e pannello; le tolleranze di fabbricazione per i pannelli, conseguenti anche a quelle relative al concio; le dimensioni nominali ed effettive del pannello in base alle dimensioni effettive del concio (tolleranza ± 4 mm ottenuta per campionatura di produzione); le modalità e le apparecchiature (piani o piste di lavorazione, casseforme ampliabili modularmente, griglia modulare di posizionamento, ecc.) per il confezionamento in stabilimento.

h, applicazione dei pannelli a livello cantieristico: *A,* pannelli «sandwiches» portanti; *B,* pannelli portati e relative correlazioni con lo scheletro in e,a.; i, l, correlazioni con i serramenti; m, soluzione d'angolo prescelta; n, prove di confezionamento.

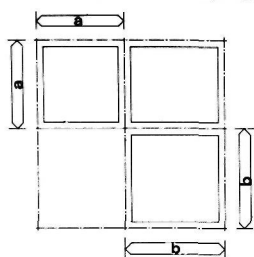
	p	q
o	r	s
	t	

v

(segue)

3» *Fase,* ha riguardato: lo studio dei pannelli portanti sandwiches per formare un'ossatura «a setti» (unioni di pannelli perimetrali, innesto tra questi e i setti di spina, collegamento con i solai); lo studio delle unioni dei pannelli portati tra loro e con diversi tipi di scheletro portante; lo studio per ambedue le categorie di pannello delle correlazioni con i serramenti e gli impianti.
4ª *Fase,* relativa a prove di produzione in stabilimento e di applicazione in cantiere. Queste ultime effettuate su modelli al vero e su edifici sperimentali per verificare le capacità di prestazione sotto il profilo statico e del comfort ambientale, per definire le tolleranze relative alla fase cantieristica, per mettere a punto le modalità di trasporto, di posa in opera e di montaggio in cantiere, con i relativi piani di tracciamento e montaggio.

o, p, q, r, piano di montaggio e fase esecutiva di un edificio sperimentale a pannelli portanti; s, prova al «vero» per impiego di pannelli portati con scheletro in acciaio; t, modalità di tracciamento e montaggio di tamponature nel caso di scheletro in c.a.; v, prototipi di un pannello monostrato per tamponature e di pannello (sandwich).

DIMENSIONI MODULARI BASE DELLE CASSEFORME (tipologia)

RELAZIONI TRA DIMENSIONI MODULARI DEL CAMPO E DIMENSIONI BASE

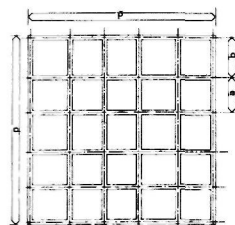
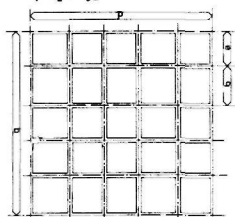
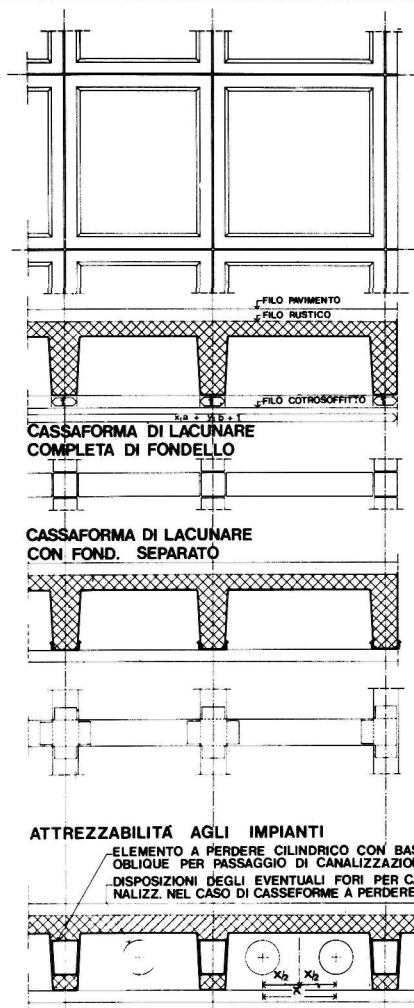
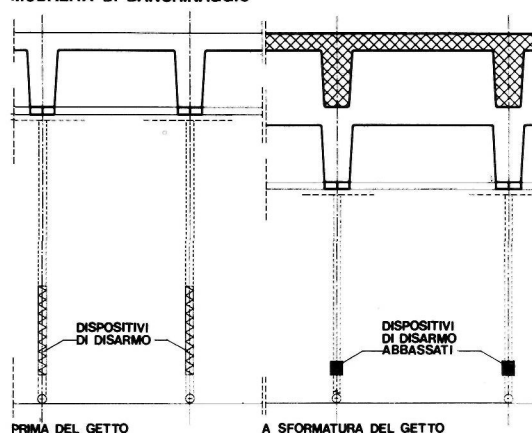
$p = x_1 a + y_1 b$
$q = x_2 a + y_2 b$

$p = x_1 a + y_1 b + 1$
$q = x_2 a + y_2 b + 1$

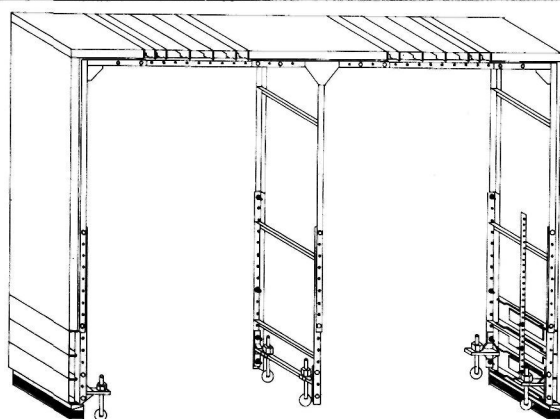
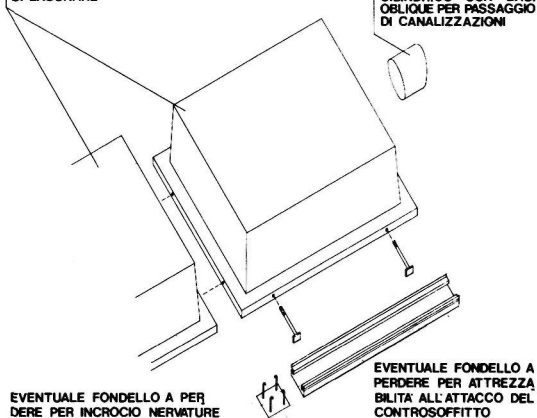
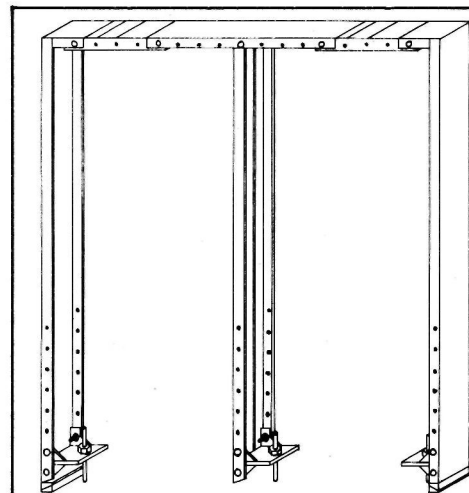
FILO PAVIMENTO
FILO RUSTICO
FILO CONTROSOFFITTO

CASSAFORMA DI LACUNARE COMPLETA DI FONDELLO

CASSAFORMA DI LACUNARE CON FOND. SEPARATO

ATTREZZABILITÀ AGLI IMPIANTI
ELEMENTO A PERDERE CILINDRICO CON BASI OBLIQUE PER PASSAGGIO DI CANALIZZAZIONI
DISPOSIZIONI DEGLI EVENTUALI FORI PER CANALIZZ. NEL CASO DI CASSEFORME A PERDERE

MODALITÀ DI BANCHINAGGIO
DISPOSITIVI DI DISARMO
DISPOSITIVI DI DISARMO ABBASSATI
PRIMA DEL GETTO
A SFORMATURA DEL GETTO

ELEMENTI DI CASSAFORMA
ELEMENTI RECUPERABILI DI CASSAFORMA DI LACUNARE
ELEMENTO A PERDERE CILINDRICO CON BASI OBLIQUE PER PASSAGGIO DI CANALIZZAZIONI
EVENTUALE FONDELLO A PERDERE PER INCROCIO NERVATURE
EVENTUALE FONDELLO A PERDERE PER ATTREZZABILITÀ ALL'ATTACCO DEL CONTROSOFFITTO

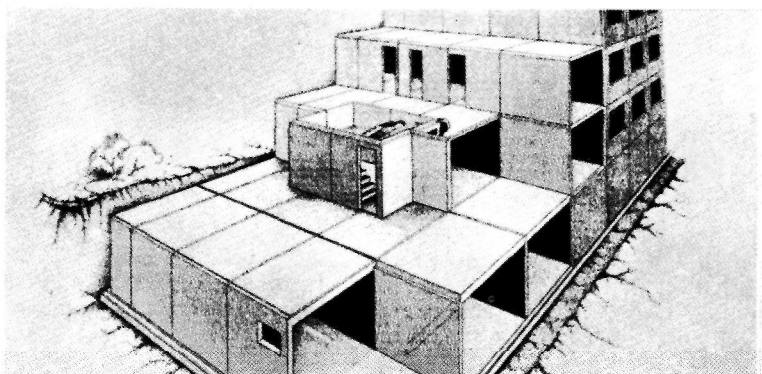
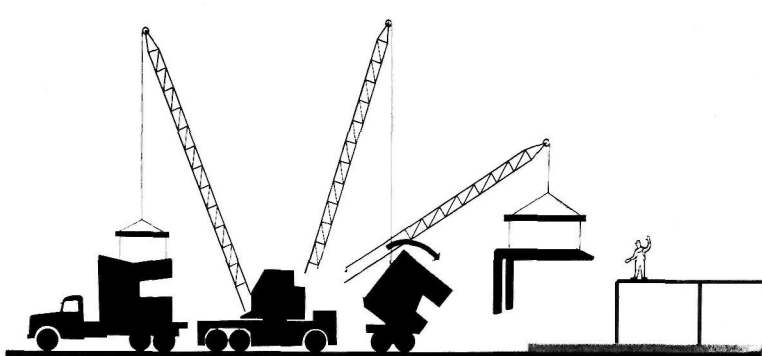
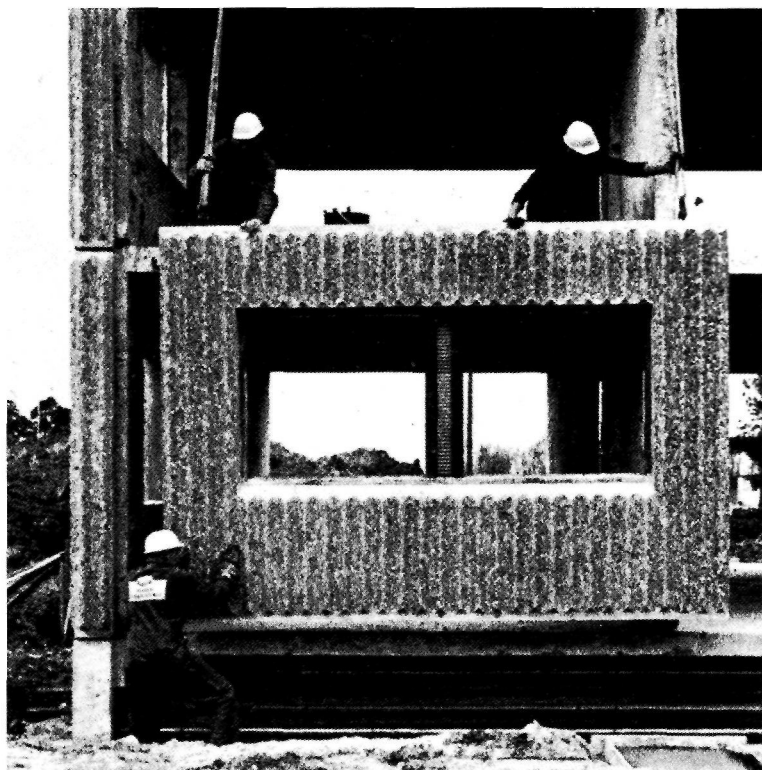
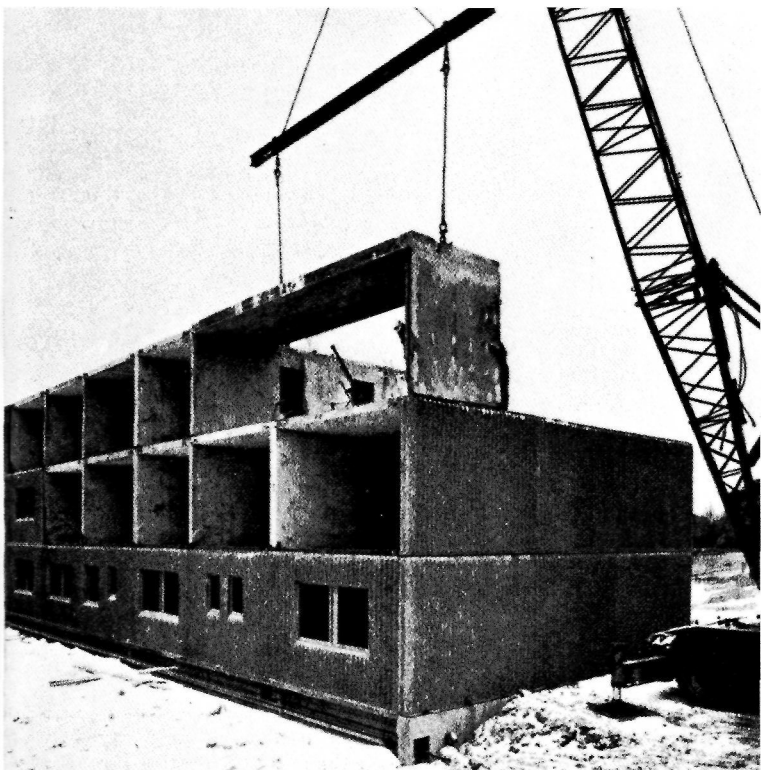
a

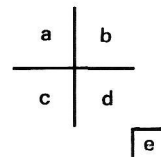
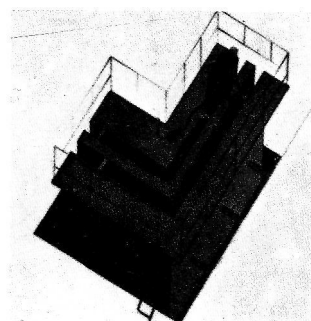
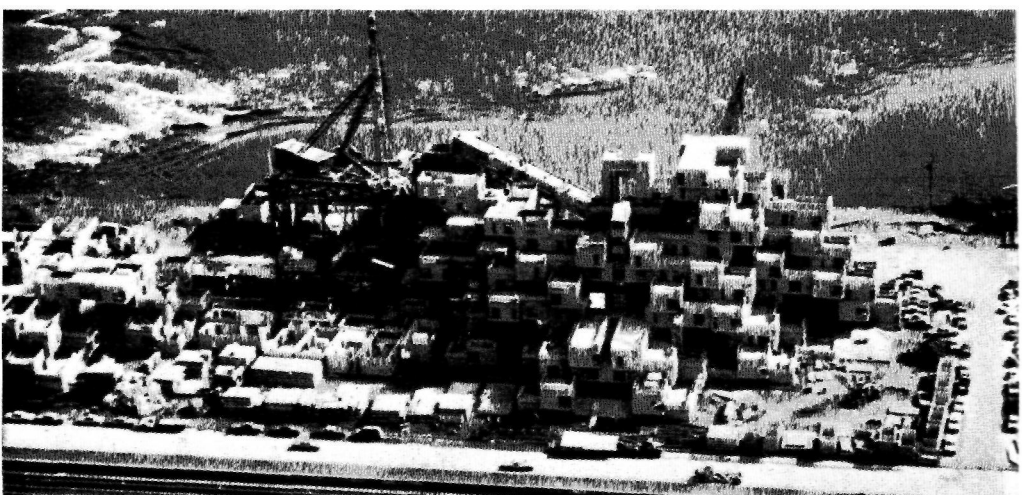
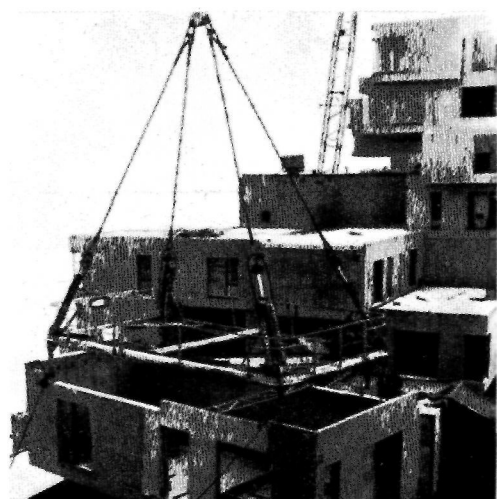
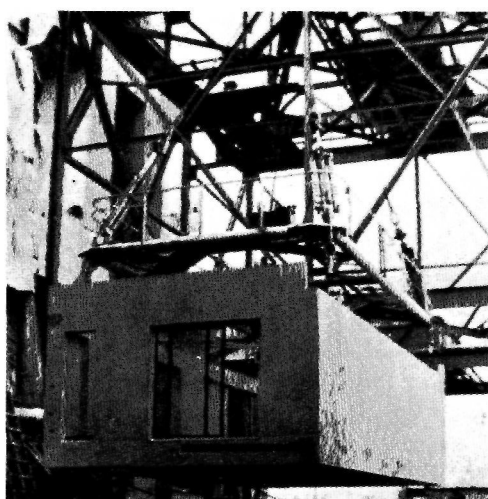
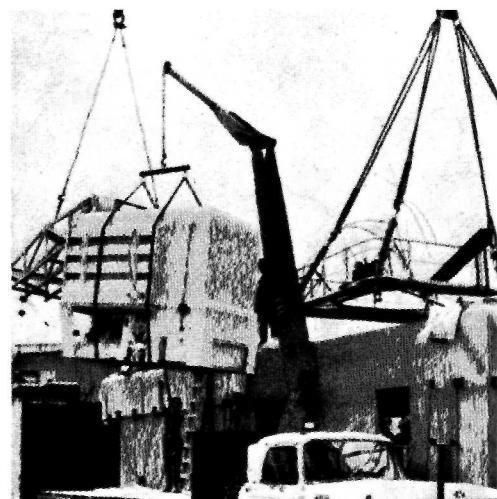
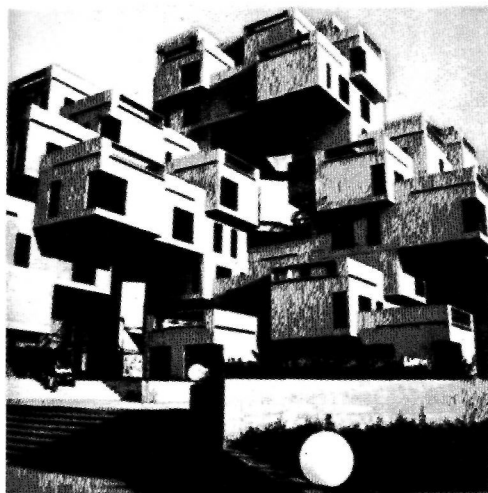
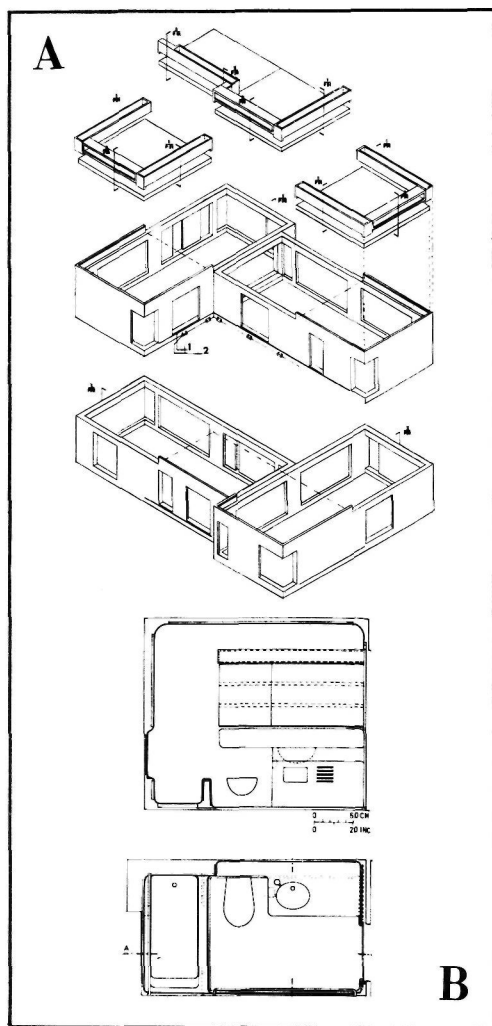
b | c

TAV. 145. — CASSEFORME MODULARI

Gli elementi costruttivi funzionali realizzati in officina o in opera mediante casseforme per risultare « modulari » implicano che le casseforme stesse siano in coordinamento dimensionale modulare.

In questa tavola si illustrano due proposte finalizzate per un impiego «a ciclo aperto» delle casseforme.

L'illustrazione a si riferisce ad un progetto di cassaforma (M. Grisotti, E. Mandolesi, G. Iardella), per realizzare in opera solette a nervature incrociate (a «lacunari»), basato sulla scelta multimodulare composta della «coppia di numeri», in modo che producendo tre «matrici» rispettivamente nelle dimensioni axa, bxb, e axb (valori da definire in base ad esigenze statiche e funzionali) si consegue una «autonomia» dimensionale nei campi da coprire (incrementi di 1 M in 1 M) nelle due direzioni di pianta, a partire dal valore critico della coppia di valori prescelta.

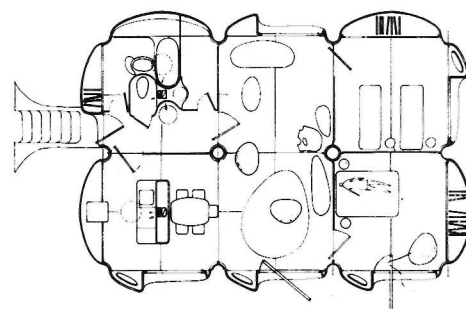
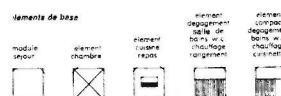
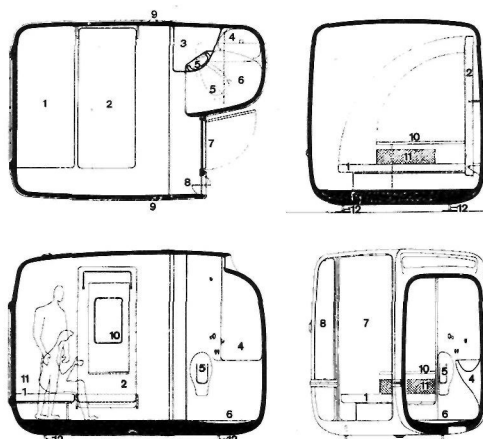
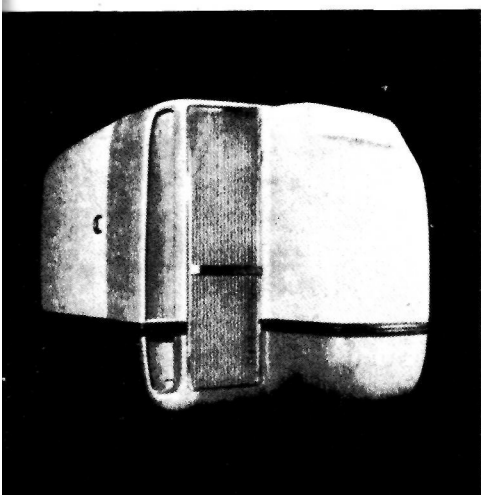
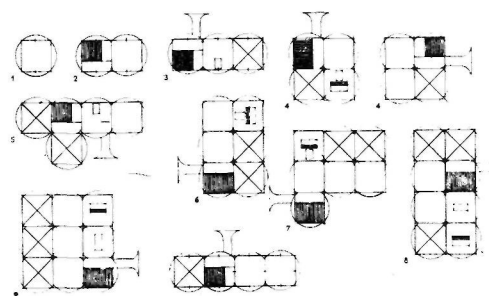
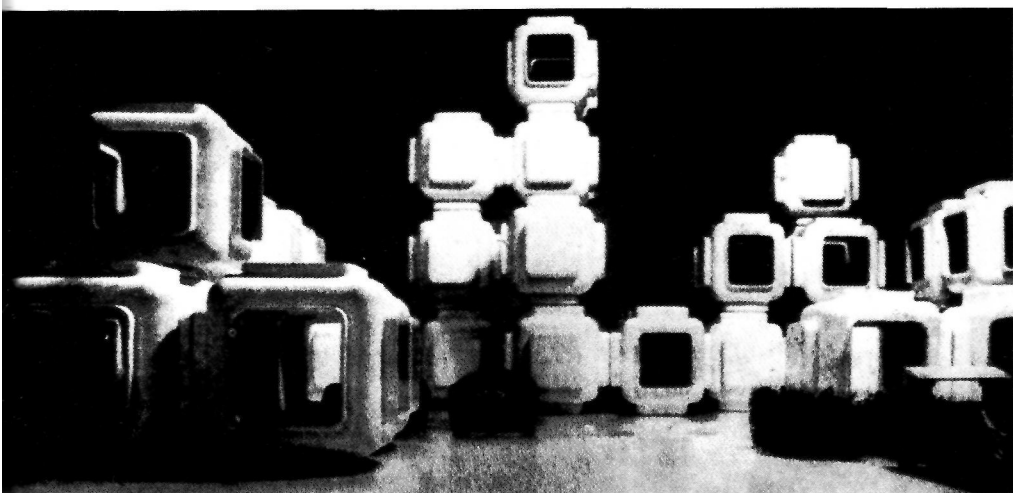
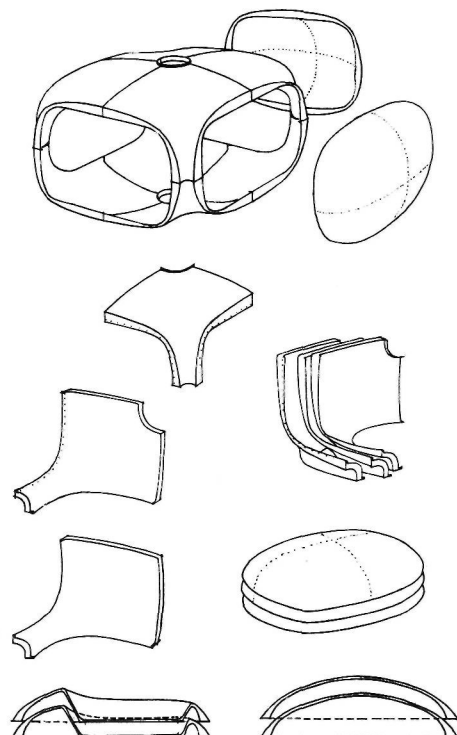
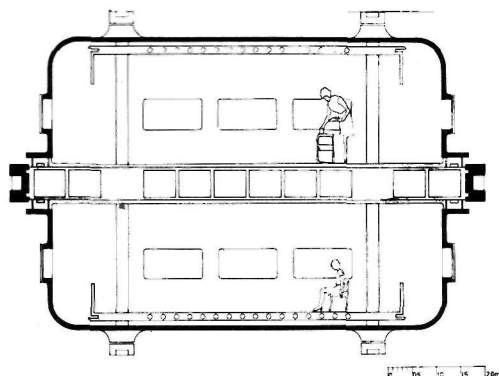
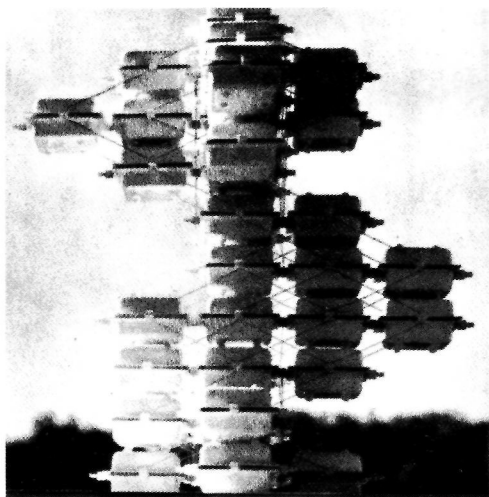
Nelle illustrazioni b, c, è riportato un progetto di casseforma «tunnel» (F. Di Varmo) in coordinamento dimensionale modulare; nel senso della lunghezza è formata da elementi basati sulla coppia di numeri (5M, 6M); in altezza è incrementabile in base alle classi di altezza libera di piano ricorrenti nell'edilizia residenziale, scolastica, ospedaliera e per uffici (24M, 27M, 30M, 33M, 36M, 42M) fino a raggiungere, per casi particolari, il 51 M; in larghezza può essere incrementata di 1 M in 1 M da un minimo di 13M fino alla dimensione massima di 78M.

TAV. 146. — DAL MODULO MISURA AL MODULO OGGETTO

I procedimenti che applicano elementi piani e/o lineari necessitano per il montaggio di opere provvisionali per il sostegno e l'appiombo dei componenti; ad evitare quest'onere sono stati introdotti i componenti preassemblati o tridimensionali. Primo passo è stato realizzare per le apparecchiature « piano-lineari» telai multipiano preassemblati (ad es., procedimento Port de Lilias) e per quelle «piane» elementi a L o a guscio. Da qui l'introduzione delle cellule spaziali, cioè ottenere in officina entità volumetriche abitabili complete e finite in ogni loro parte da montare in cantiere per semplice sovrapposizione. Con queste entità tridimensionali il coordinamento dimensionale dell'insieme è dato dalla cellula spaziale tipo, «modulo oggetto», come superamento del « modulo misura » proprio delle apparecchiature « piane » e « piano-lineari ». in questa tavola è illustrato un procedimento svedese ad elementi portanti a L (parete trasversale più elemento solaio), pannelli-facciata e blocchi funzionali di utilizzazione, che può essere considerato esempio del passaggio dal « modulo misura » al « modulo oggetto ».

a, posa in opera di un elemento a L; b, posa in opera di un pannello-facciata; c, blocco funzionale trasportato in cantiere completo di apparecchi e arredi; d, schematizzazione delle fasi di montaggio; e, schema della cassaforma in officina.

a	c	d
	e	f
b	g	

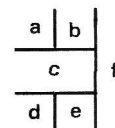
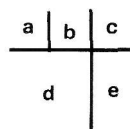
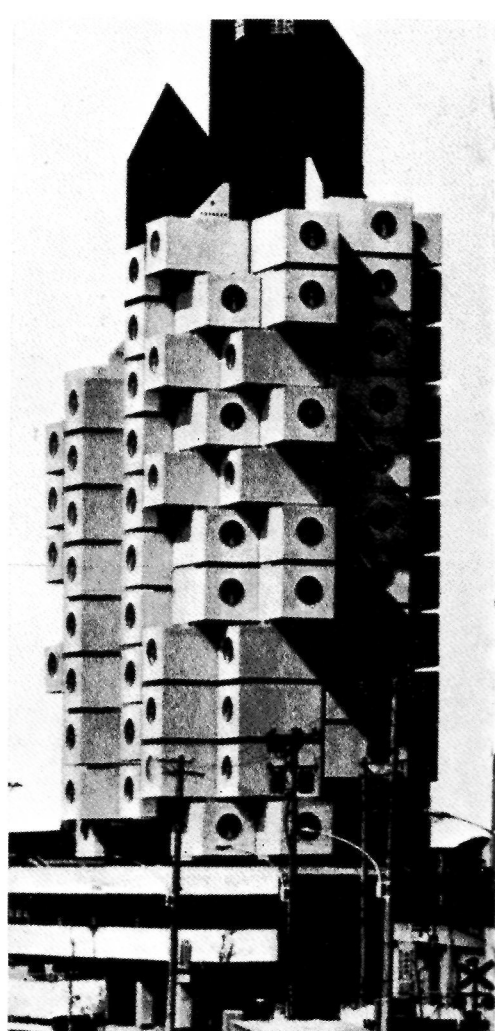
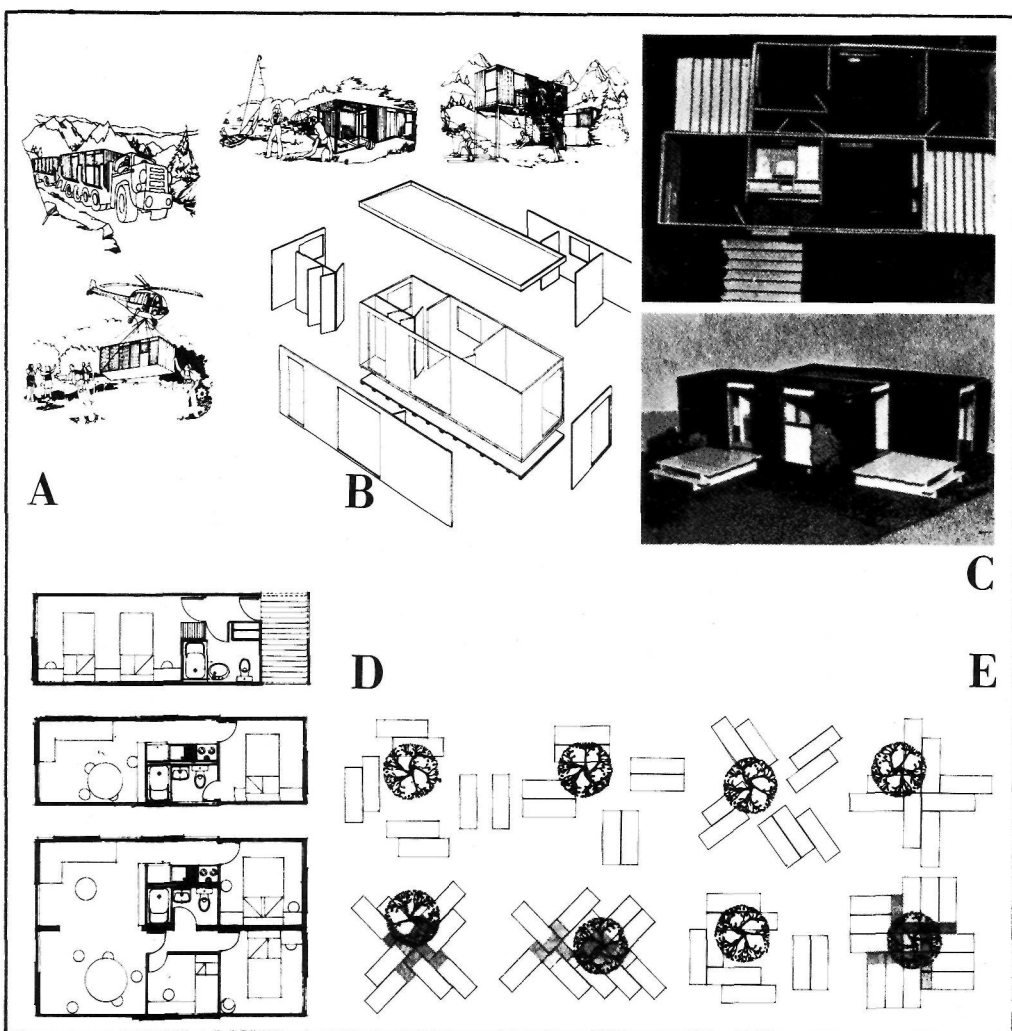
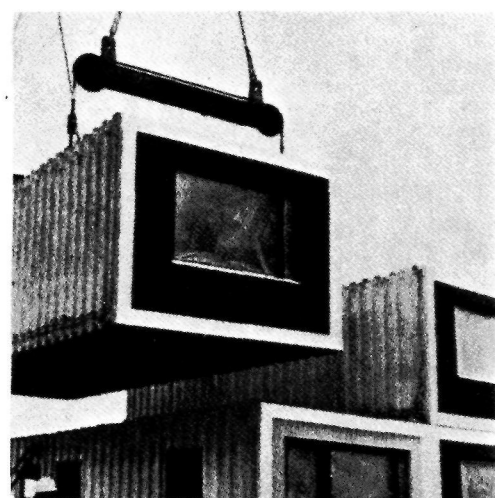
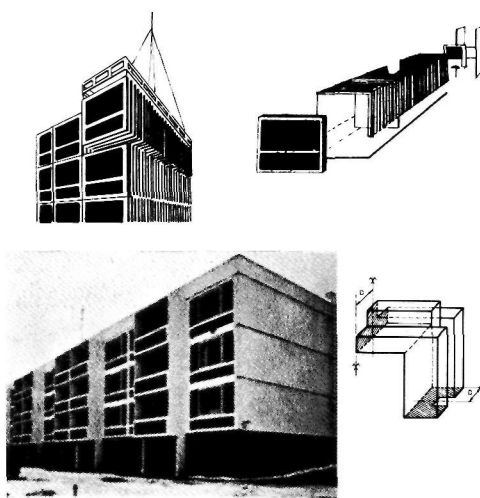
TAV. 147. — IL MODULO OGGETTO

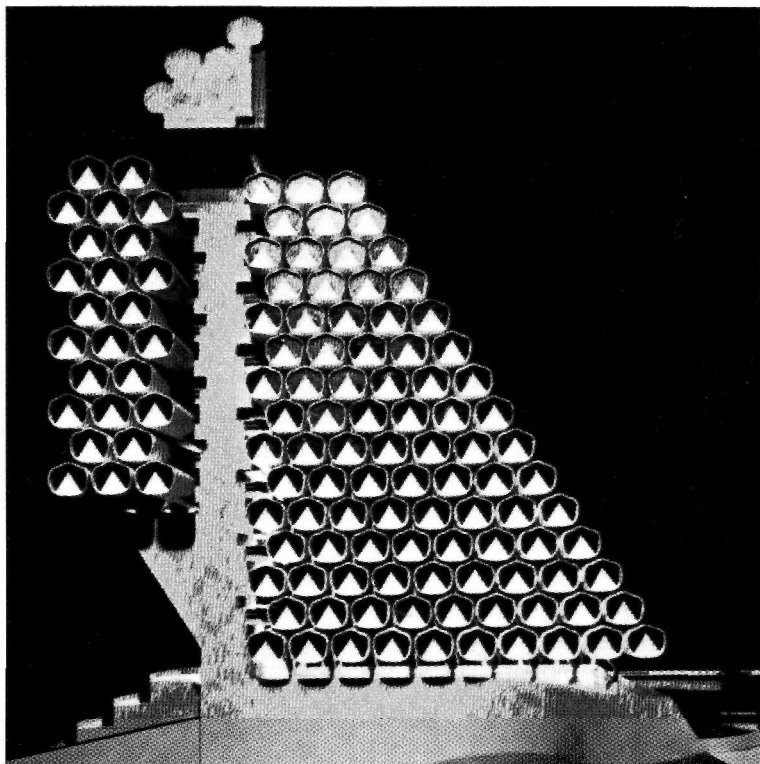
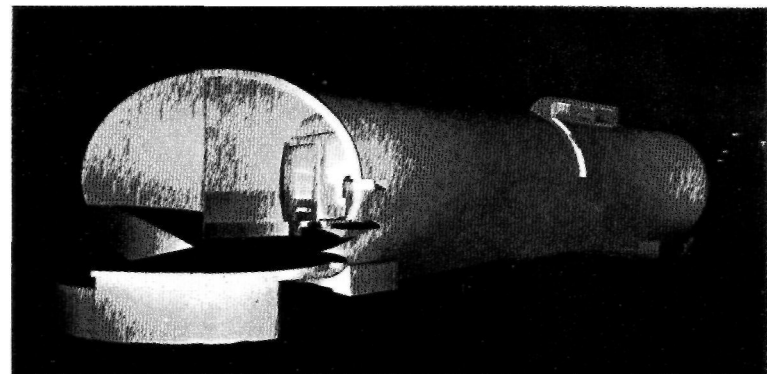
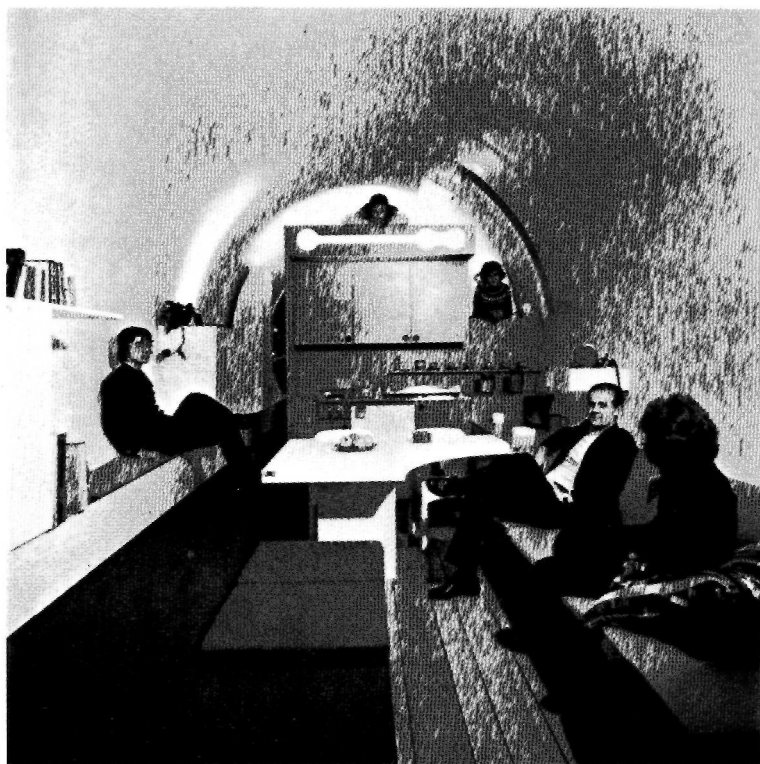
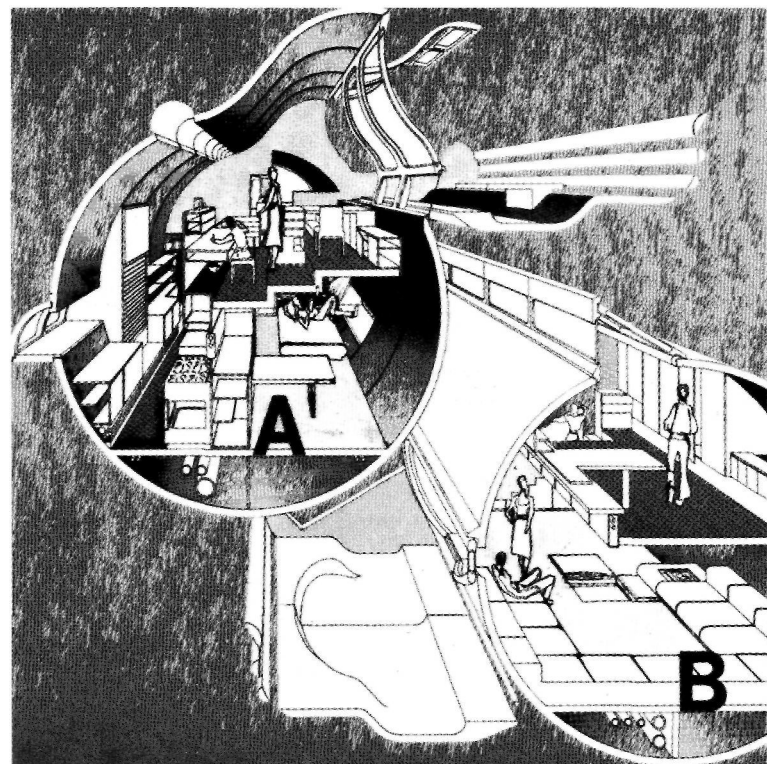
L'obiettivo di avere in cantiere principalmente operazioni di montaggio ha condotto, dapprima, all'adozione di elementi prefabbricati piani e/o lineari, poi, per ridurre sensibilmente tali operazioni all'introduzione di entità volumetriche complete in ogni loro parte; ciò ha prodotto i procedimenti industrializzati a **cellule spaziali** che determinano l'organismo edilizio attraverso la loro giustapposizione e sovrapposizione. In questo caso si imposta la progettazione sul principio del **modulo oggetto** in quanto le cellule, entità tridimensionali abitabili, regolano con le loro caratteristiche dimensionali e morfologiche sia la conformazione che la configurazione dell'organismo. Con l'applicazione delle cellule spaziali si apre un nuovo campo di ricerca, non solo sotto il profilo industriale, ma anche sotto il profilo architettonico, specie a livello di town-design. In tal senso è emblematico l'« habitat 67 » realizzato all'esposizione di Montreal. Nell'« habitat 67 » mediante l'assemblaggio di 354 «moduli oggetto» sono stati realizzati 158 alloggi di tipo differente (archh. Moshe Safdie e David, Barott, Boulva ass., ingg. Monti, Lefebvre, Lavoie, Nadon ass.). Le cellule spaziali in c.a. sono state realizzate mediante cassaforme metalliche altamente meccanizzate, stagionate a vapore, e poi sollevate mediante un «derrick» gigante, capace di sollevare elementi di 70 ÷ 90 tonnellate.

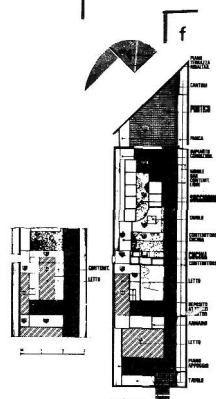
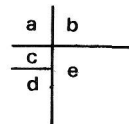
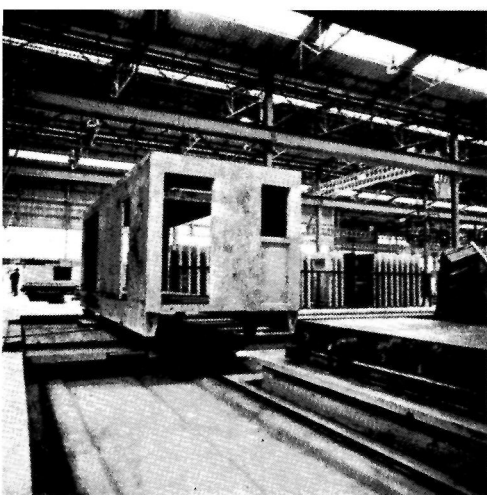
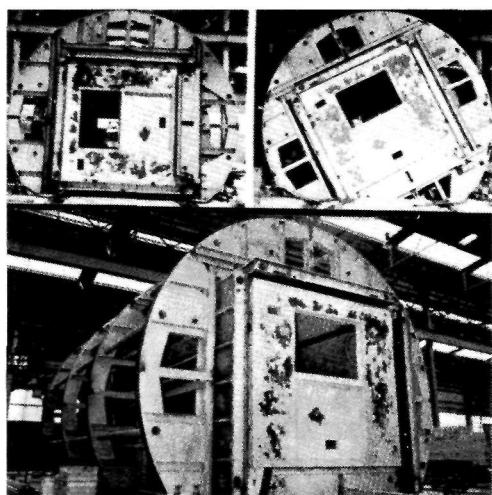
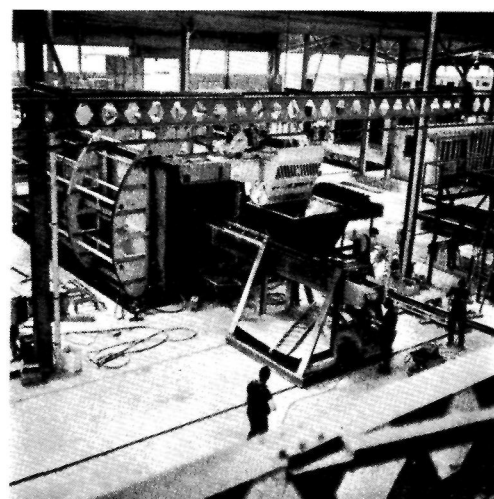
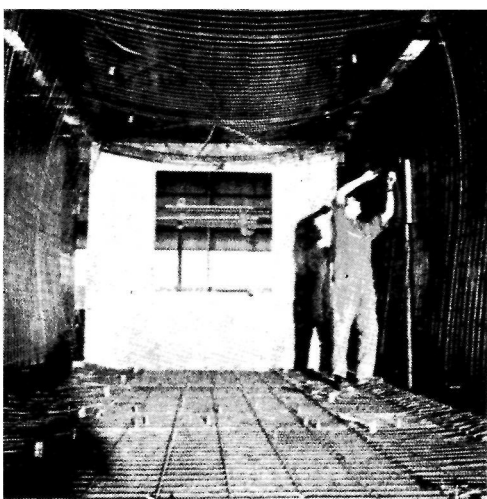
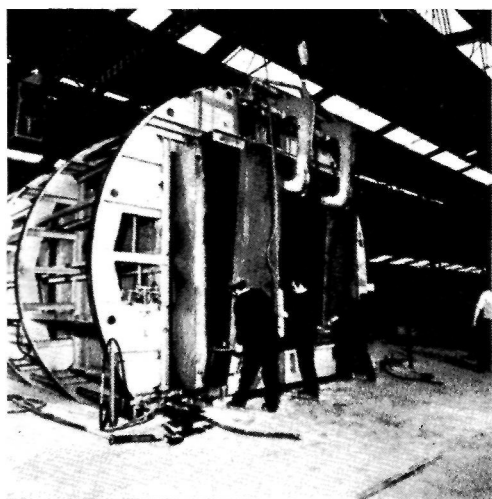
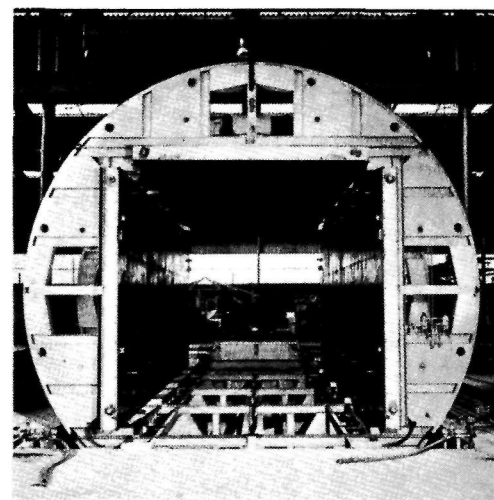
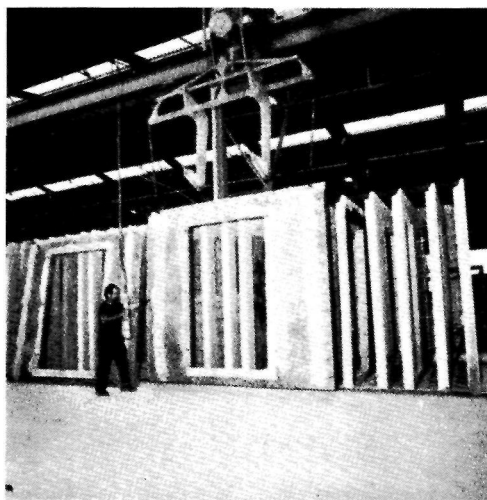
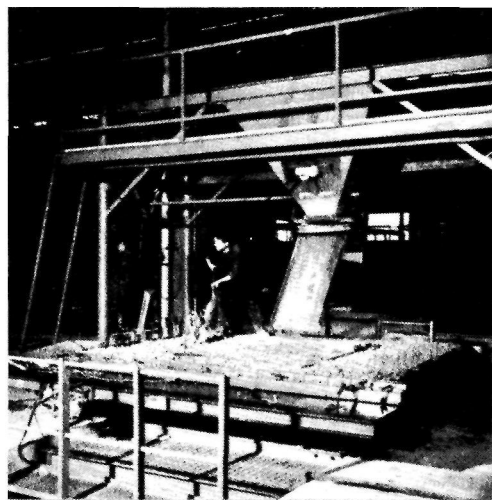
a, i componenti: gli elementi spaziali in c.a. (A), il blocco-ambiente bagno (B); b, e, l'opera finita; d, sollevamento del blocco-ambiente bagno; e, f, le cellule spaziali in fase di sollevamento; g, visione generale del cantiere.

a	b	
c		f
d	e	

TAV. 148. — IL MODULO OGGETTO

Esempi di cellule spaziali **globali.**
In genere vengono progettate basandosi sull'impiego delle materie plastiche, le cui tecnologie di lavorazione consentono una configurazione a guscio. Possono essere del tipo «portato» da uno scheletro portante, come quelle di figg. a, b, che al loro interno si articolano su due livelli (arch. W. Dòring).
Altre proposte riguardano cellule « accatastabili » con flessibilità di accoppiamento come quelle di fig. e. Caso più frequente nelle applicazioni pratiche è la realizzazione di cellule per organismi monopiano autoportanti, come ad esempio la monocellula mobile per alberghi progettata da R. Coulon, Y. Magnant, I. Schein (d, e) : 1) letto fisso, 2) letto ribaltabile. 3) armadio, 4) lavabo, 5) bidet ribaltabile, 6) doccia, 7) ingresso, 8) finestra a bilico, 9) gancio per il sollevamento, 10) tavolo a ribalta al disotto del letto ribaltabile, 11) rete portaoggetti, 12) sostegni a martinetto.
Nella fig. f è riportato uno studio del francese Chanèac per una cellula polivalente formata da elementi spaziali, facilmente sovrapponibili per il trasporto (in alto la cellula tipo e gli elementi spaziali costituenti).
Al suo interno la cellula tipo può essere organizzata per le seguenti utilizzazioni: soggiorno, letto, cucina-pranzo, disimpegno-bagno-centralina termica, disimpegno-bagno-cucina-centralina termica; in tal modo è possibile con l'accostamento di cellule ottenere diversi tipi di alloggio (vedi fig. f al centro e in basso).

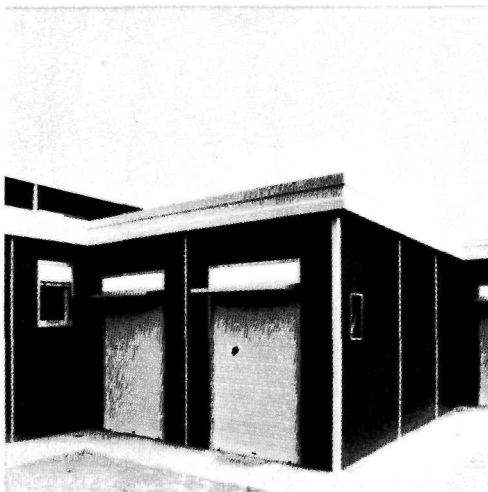
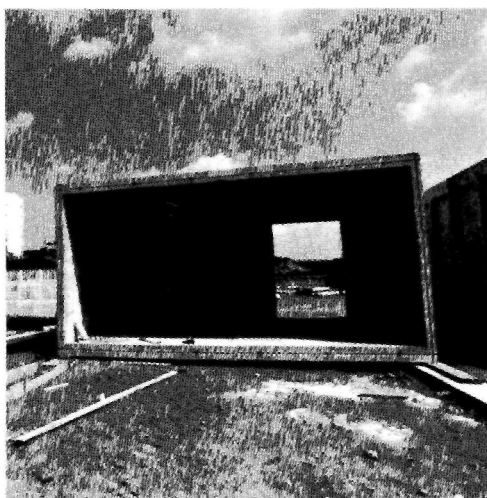
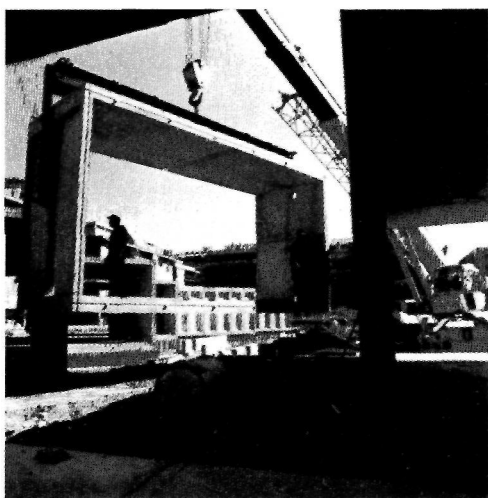
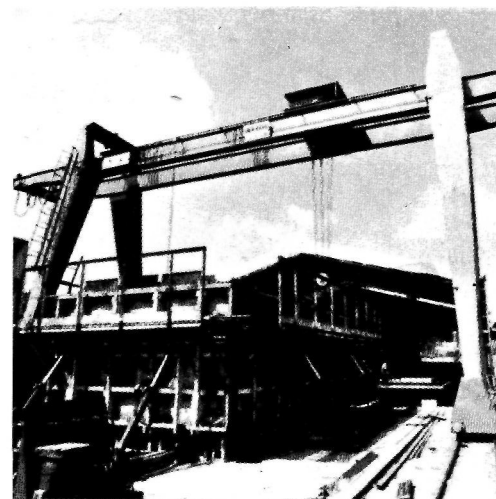
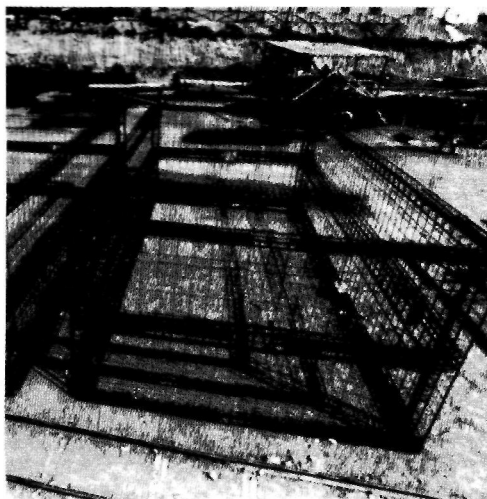
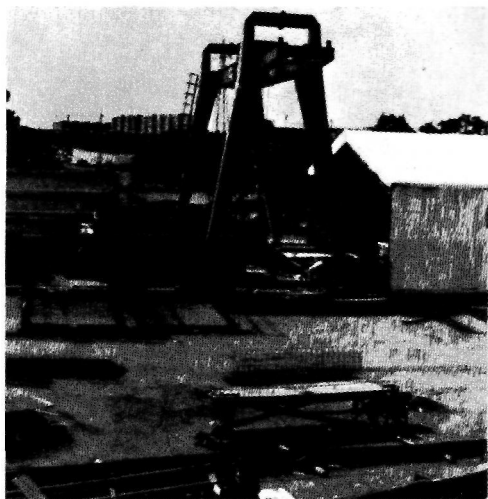
a | b | c
d | e

TAV. 149. — IL MODULO OGGETTO

Esempi di cellule spaziali **scatolari.** Nelle figg. a, b, c, è illustrato un procedimento finlandese per realizzare in officina cellule spaziali in c.a. « accatastabili », trasportate in cantiere con mezzi articolati (a). La cellula tipo, larga 3,6 m e alta 2,5 m, ha i lati perpendicolari alla facciata conformati a «fisarmonica», cioè con nervature poste in modo che nell'accatastamento si possano «imbiettare» cellule adiacenti, migliorando il comportamento statico dell'insieme (b, e). Sono prodotte anche cellule integrabili con il corpo scala, il corpo ascensore e blocchi di canalizzazione (prefabbricati). Le cellule hanno capacità portanti fino a 24 piani, ma limitazioni nei mezzi di sollevamento riducono il numero dei piani a 7. Per formare appartamenti di 80-100 mq occorrono 3 cellule. Un edificio di 6 piani con 45 appartamenti si realizza in 2 giorni, pari circa a 15 minuti per montare una cellula («modulo oggetto»). Nella fig. d progetto (arch. P. Campardon) di cellule spaziali per alloggi e alberghi monopiano per vacanze. Le cellule sono realizzate in pannelli sandwiches di legno con una catena di montaggio, in analogia con l'industria automobilistica; una volta completate sono trasportate con automezzi o con elicotteri *(A, B,).* Con un'unica cellula (18 mq) si realizzano: una camera a due letti per albergo (15 mq + 3 mq di veranda-ingresso), un alloggio per vacanze monocamera (18 mq), un alloggio bicamera (36 mq) formato dall'accostamento di 2 cellule (C, *D).* Sono state studiate capacità di «aggregazione» *(E).* Nella fig. e, il Nakagin Building a Tokio (arch. Kurokawa), organismo pluripiano ottenuto per sovrapposizione di «moduli oggetto» (vedi Tav. 49).

TAV. 150. — IL MODULO OGGETTO

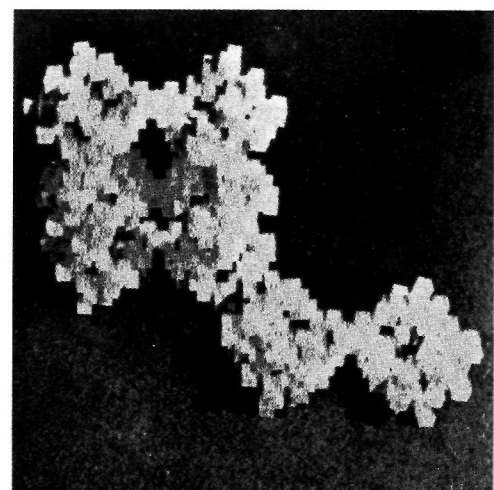
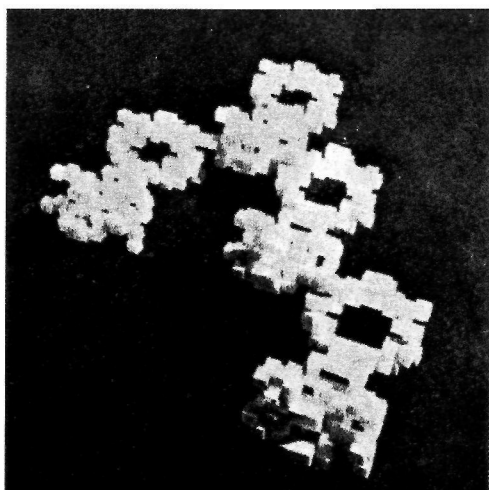
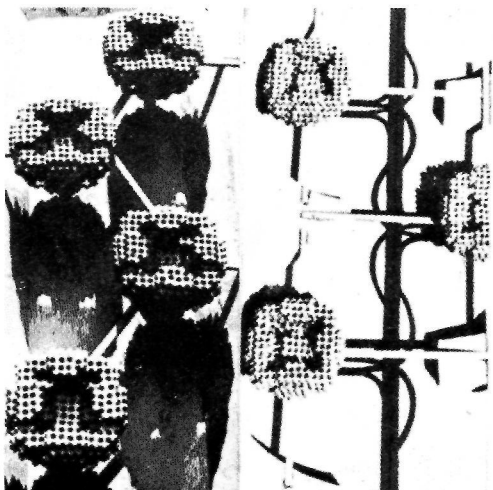
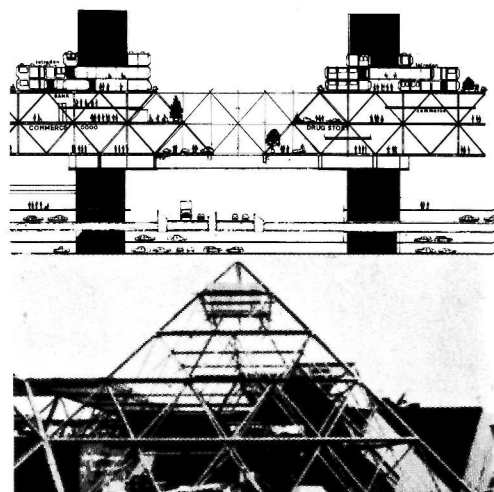
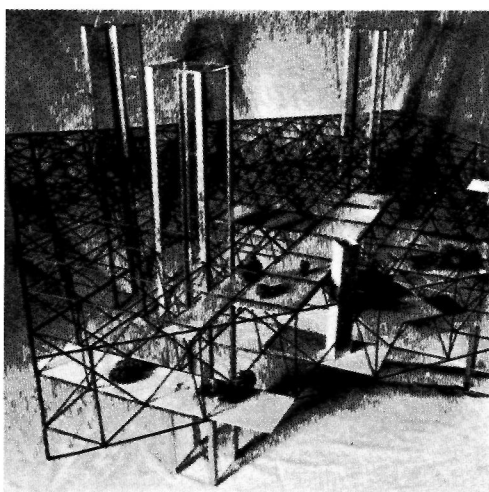
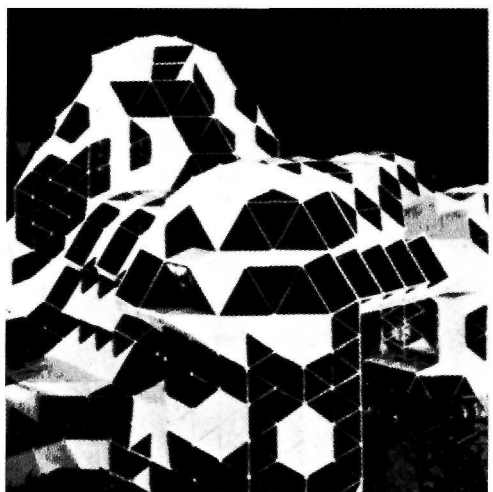
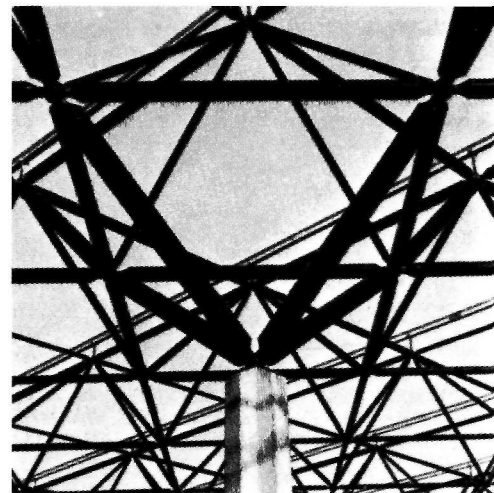
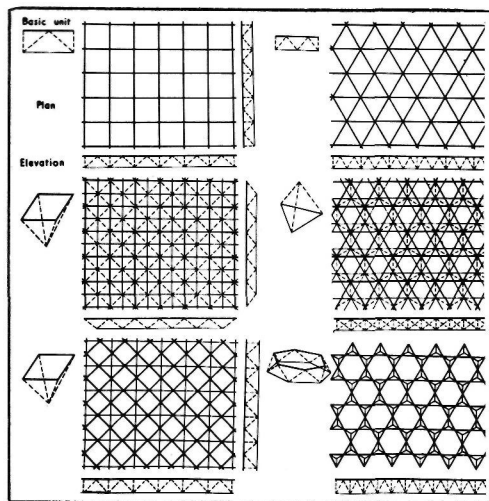
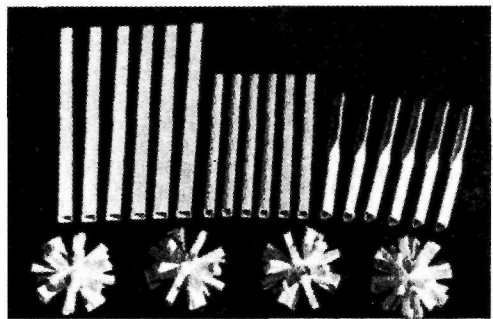
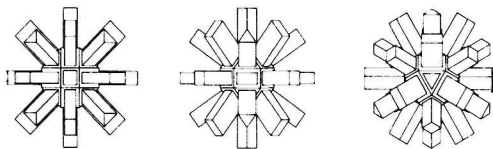
Progettazione dell'arch. Pellegrin basata sul « modulo oggetto » che prevede la utilizzazione di cellule spaziali in materie plastiche per abitazioni unifamiliari e organismi pluripiano.
Le cellule spaziali cilindriche sono realizzate in poliestere rinforzato e poliuretano espanso con il « procedimento ad avvolgimento» già sperimentato dall'industria per la costruzione dei tubi per condotte d'acqua.
Il prototipo realizzato ha un diametro di 3,6 m, una lunghezza di 14,4 m, ed è studiato per le esigenze di un nucleo familiare di 2-3 persone (a, f).
Un aumento delle possibilità abitative della cellula si ottiene sia realizzando cilindri di maggiori dimensioni sia accoppiando e/o sovrapponendo più cellule sorrette da uno scheletro portante. Tecnicamente è possibile costruire cellule con un diametro fino a 5,5 m, in questo caso limite lo spazio interno sarà articolato su due livelli (c). Con queste cellule si possono ottenere sia abitazioni unifamiliari isolate o aggregate sia organismi pluripiano, in tal caso ì cilindri saranno portati da uno scheletro portarne (d, e).
Le cellule, come si evidenzia dalla vista interna del prototipo (b), sono completamente arredate e dotate di aria condizionata.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 151. — IL MODULO OGGETTO

Procedimento francese per ia realizzazione in officina di cellule spaziali in c.a. complete di infissi e finiture interne, per abitazioni unifamiliari ad un piano. Le fasi di costruzione si articolano in due momenti distinti: uno relativo alla costruzione della «scatola», costituente la cellula priva dei due pannelli-facciata, e l'altro, contemporaneo, relativo alla realizzazione dei due pannelli-facciata. Questi vengono realizzati con l'ausilio di casseforme piane basculanti (a) e quindi depositati in apposite aree (b). Per realizzare la «scatola» è utilizzata una cassaforma ruotante in acciaio, con le seguenti fasi di esecuzione: 1) nella cassaforma munita di tre casseri piani regolabili, corrispondenti alle pareti laterali e al soffitto, è introdotto il cassero di base, che scorre su rulli, unitamente all'armatura di tutti e quattro i lati (c); 2) posa in opera dei pannelli-facciata (d); 3) predisposizione delle canalizzazioni degli impianti e di casseforme complementari per aperture laterali (e); 4) getto in piano (con benna automatica, scorrevole su monorotaia, e con nastro trasportatore telescopico) di tutte le pareti ruotando in successione la cassaforma, a partire dalla esecuzione del soffitto (f, g); 5) spianatura del calcestruzzo con regoli vibranti e finitura con fratazzo a mano, secondo la rotazione di cui al punto 4; 6) stagionatura accelerata a vapore, secondo la rotazione di cui al punto 4; 7) sfilaggio della cellula stagionata previo allargamento dei casseri regolabili; 8) la cellula spaziale, disposta su carrelli, percorre la «linea» di completamento e finitura (h), che comprende l'installazione dei serramenti e dei corpi radianti; 9) la cellula è pronta per l'invio in cantiere con mezzi articolati (i).

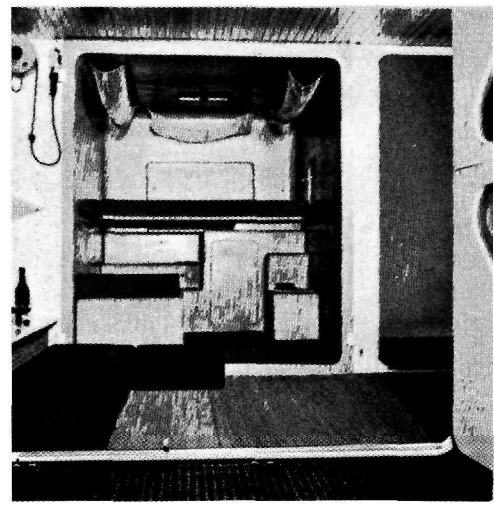
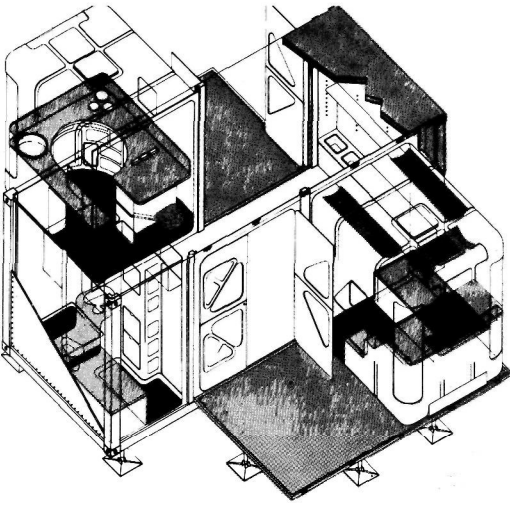
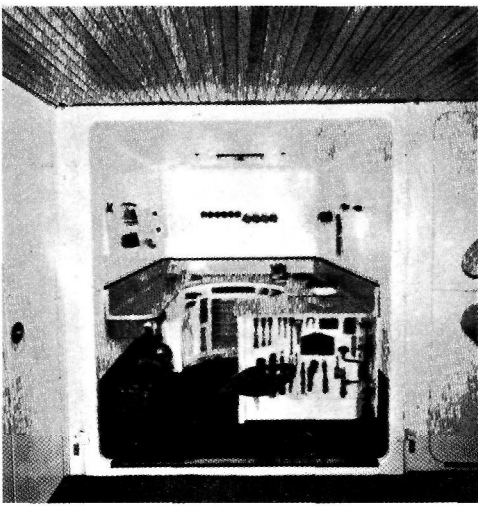
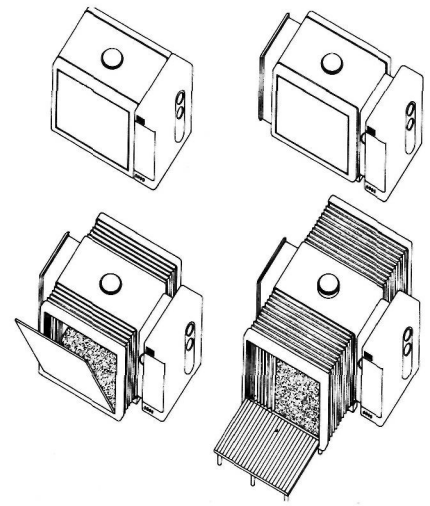
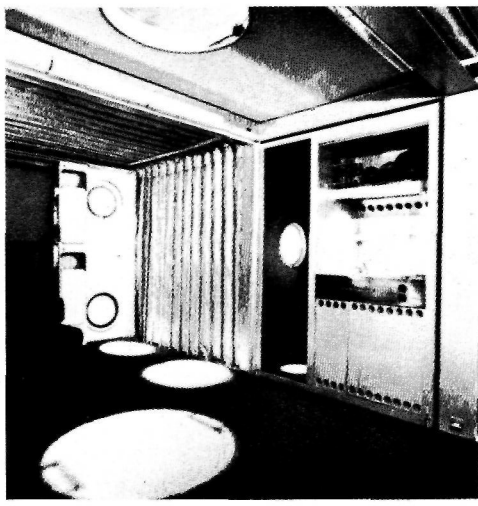
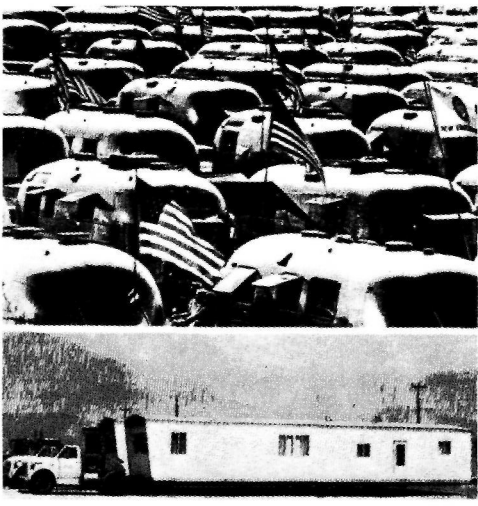
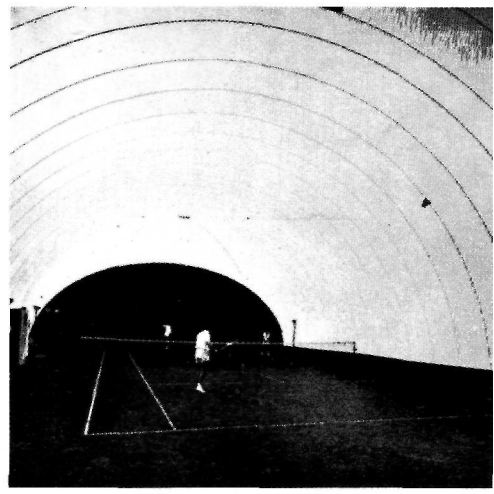
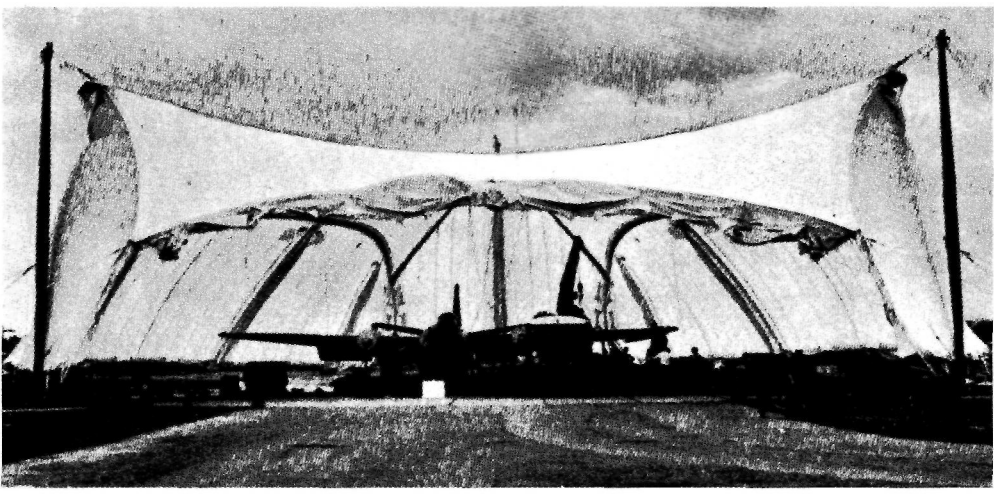
a	b	c
d	e	f
g	h	

TAV. 152. — IL MODULO OGGETTO

Procedimento industrializzato italiano per la realizzazione di scuole materne mediante trance di cellula in c.a. affiancabili. Nell'officina di produzione, che può essere spostata a seconda delle necessità per avere un adeguato raggio di influenza per il trasporto, si dispongono l'armatura ed i casseri metallici, mediante carroponte si effettua il getto e dopo opportuna stagionatura gli elementi spaziali, differenziati tra «intermedi» e «di testata», sono pronti per essere inviati in sito.
In cantiere vengono accostate e unite le varie trance di cellule, si provvede poi a tutte le opere di completamento e finitura relative all'intero organismo della scuola materna.

a, veduta dell'officina; b, predisposizione dell'armatura tridimensionale; e, montaggio di casseri; d, trancia « intermedia » finita; e, trancia «di testata»; f, g, h, realizzazione di una scuola materna a Roma.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 153. — IL MODULO OGGETTO

Il principio del «modulo oggetto» non è solo riscontrabile negli organismi con apparecchiatura costruttiva a cellule spaziali, ma anche nelle apparecchiature reticolari generate per «gemmazione» di elementi lineari e puntiformi (asta + nodo). L'entità «minima» spaziale ottenuta con tali elementi costituisce il «modulo oggetto» (ad es., un tetraedro, una piramide, ecc.) la cui ripetizione, secondo prefissate direttrici di sviluppo, genera la trama spaziale dell'organismo. In tal senso sono significative le cupole geodetiche del Füller e come applicazione nell'ambito degli elementi di fabbrica le chiusure orizzontali reticolari piano-spaziali (figg. b, c). Sull'utilizzazione e sulla ripetizione dell'elemento assemblato «minimo» sono basate progettazioni di organismi reticolari che esulano dalle usuali forme parallelepipede (ad es., le cupole del Füller o il complesso di figura d), di macrostrutture urbane con ossatura spaziale (generata dalla ripetizione del «modulo oggetto») che sostiene gli spazi abitabili (e, f) e di aggregazioni a livello di town-design (figg. g, h, i).

a. elementi lineari e «nodo universale» a 26 vie (6 a sez. quadrata, 8 a sez. rettangolare e 12 a sez. triangolare) per realizzare moduli-oggetto costituiti da aste e nodi; b, c, possibili tessiture di chiusure orizzontali reticolari spaziali determinate dall'aggregazione di moduli-oggetto formati da aste e nodi; d, organismo progettato con gli elementi di fig. a (Peter Pearce). e, macrostruttura urbana ottenuta dalla ripetizione di elementi spaziali costituiti da aste e nodi (archh. S. Du Chateau e J. Drevont); f, in alto macrostruttura tridimensionale della Tetra-SDC, in basso centro sociale a Rennes (sistema Tridimatic); g, h, i, aggregazioni a livello di town-design.

TAV. 154. — GLI ORGANISMI PROVVISORI E LE MOBILE-HOUSES

Con l'edilizia industrializzata si è inteso risolvere anche i problemi della mobilità e della provvisorietà che caratterizzano alcune tipologie edilizie; in effetti non si può dimenticare che la prefabbricazione ha preso le mosse ai primi del 1800 proprio in questa direzione.

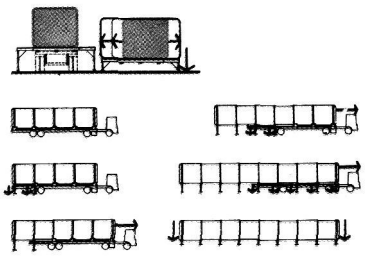
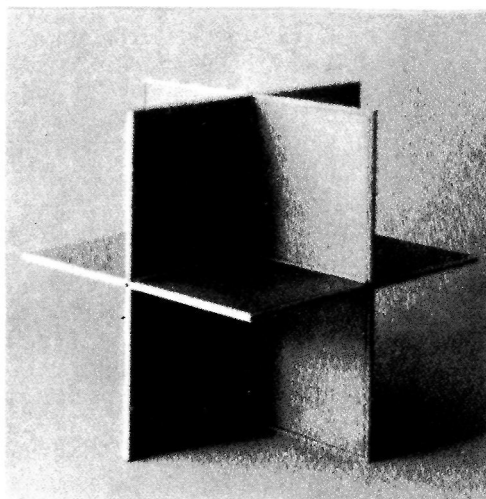
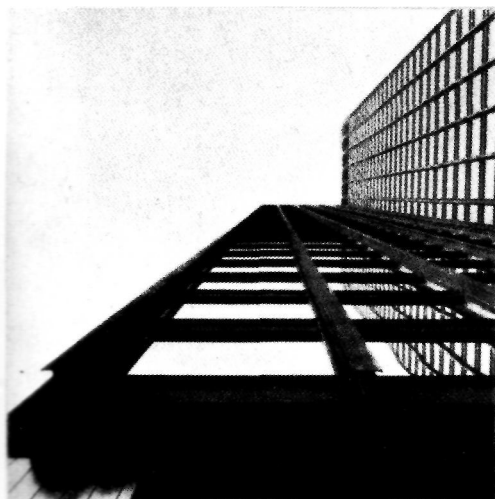
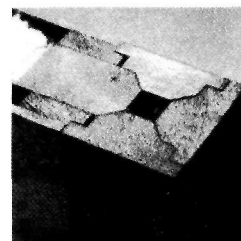
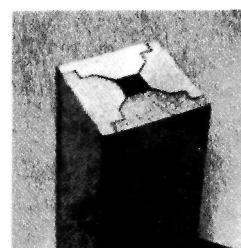
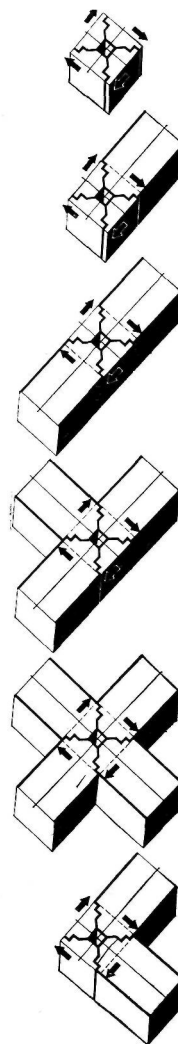
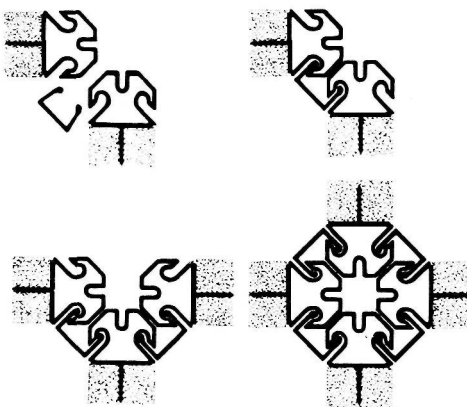
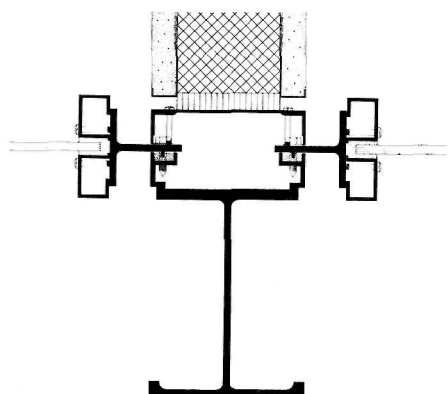
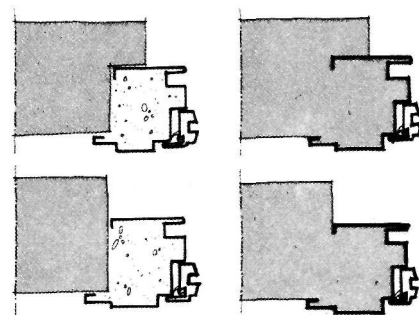
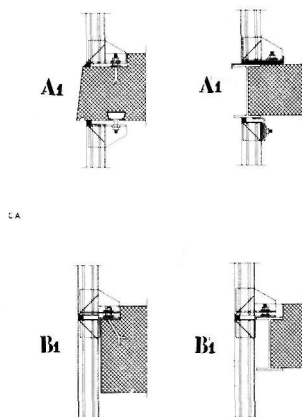
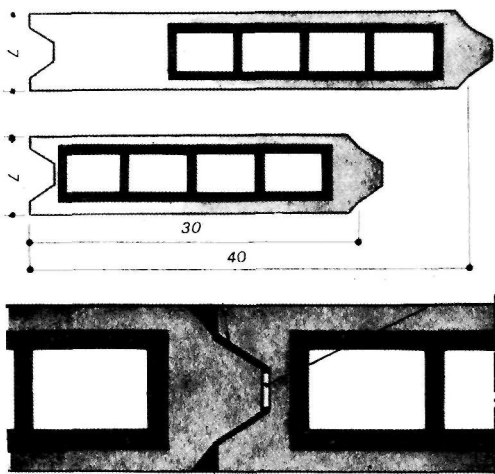
Oggi per quanto concerne la creazione di ampi spazi coperti realizzati con elementi facilmente trasportabili, smontabili e spostabili giocano un ruolo importante da una parte le apparecchiature a cavi tesi, come l'hangar «provvisorio» di fig. a, e dall'altra gli organismi «gonfiabili» in teli di plastica adatti a coprire (in periodi stagionali avversi) piscine, campi sportivi (fig. b) e anche cantieri edili.

Per quanto riguarda la realizzazione di abitazioni mobili per soggiorni temporanei e provvisori si può dire che l'edilizia industrializzata ha trovato pane per i suoi denti: era possibile realizzare l'abitazione secondo i criteri tipici dell'industria automobilistica e con lo stesso grado di obsolescenza. In effetti questi tipi di

(continua a pag. 290}

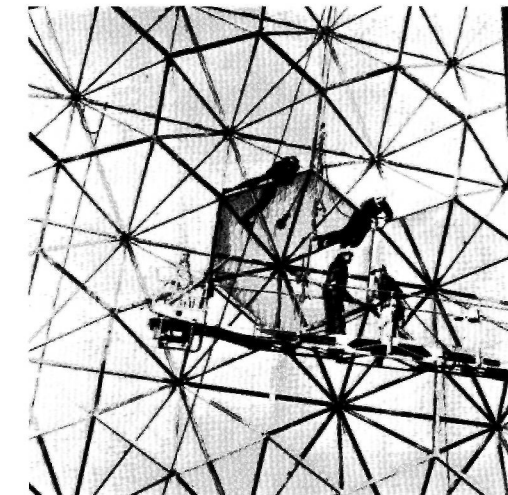
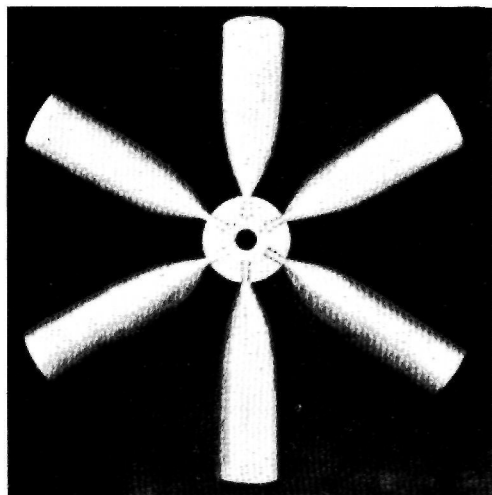
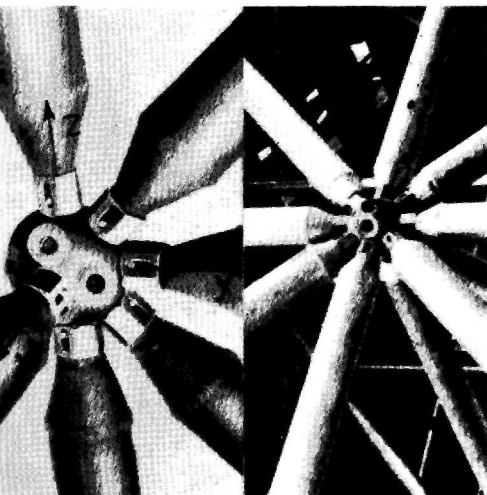
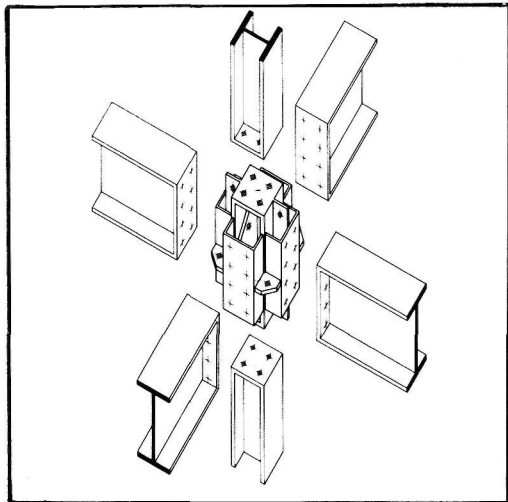
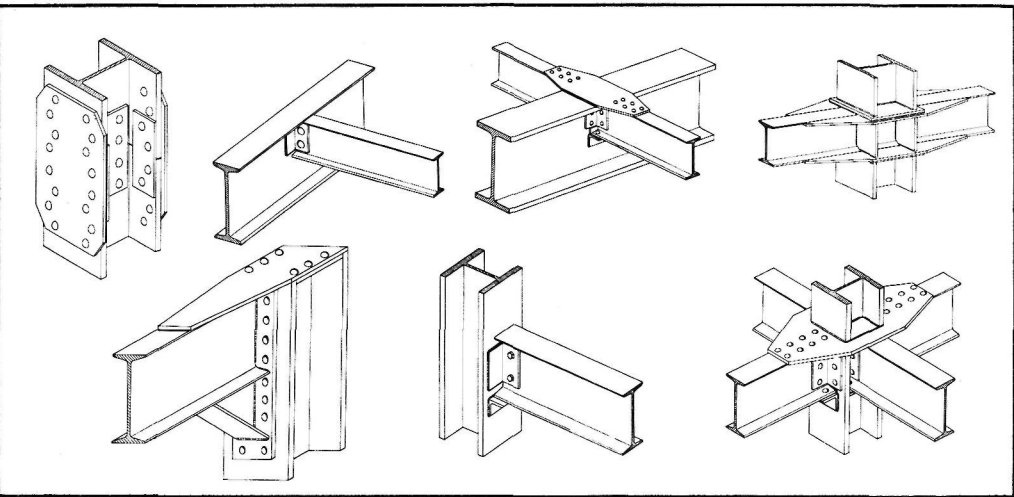
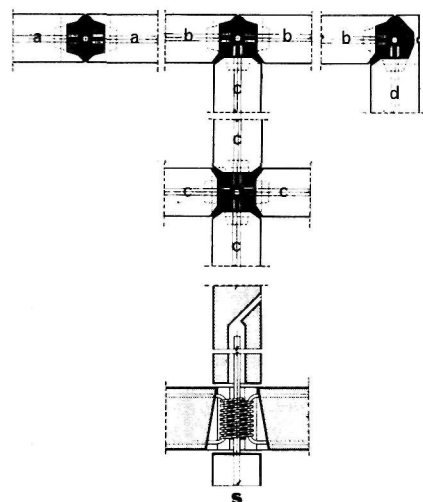
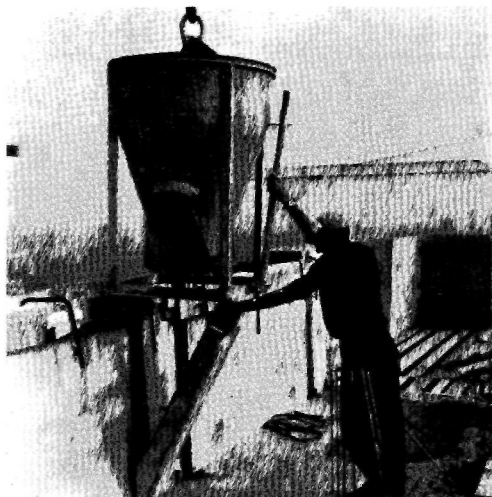
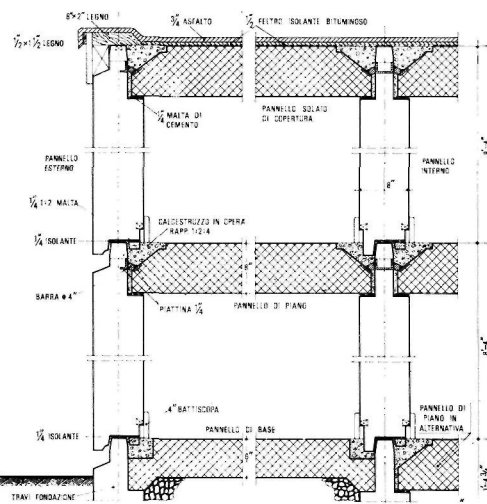
a	b	
c	d	e
f	g	h

i

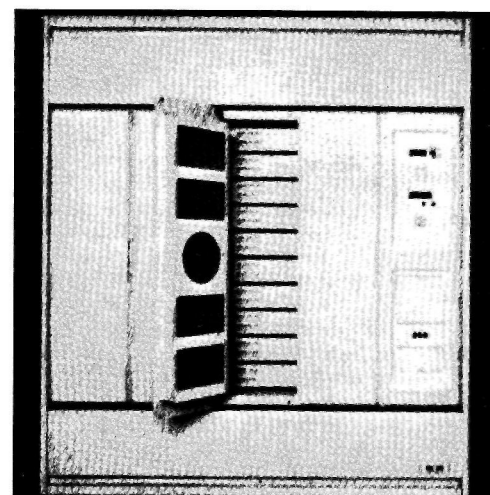
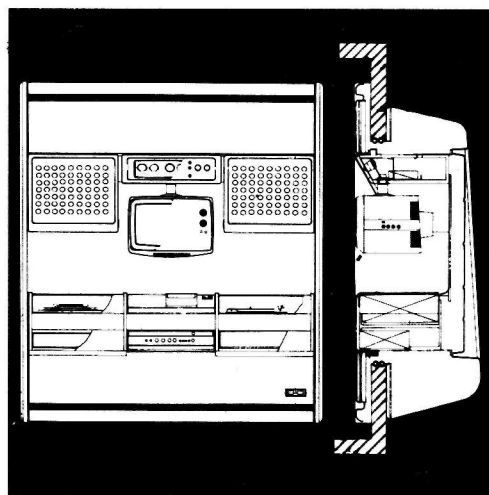
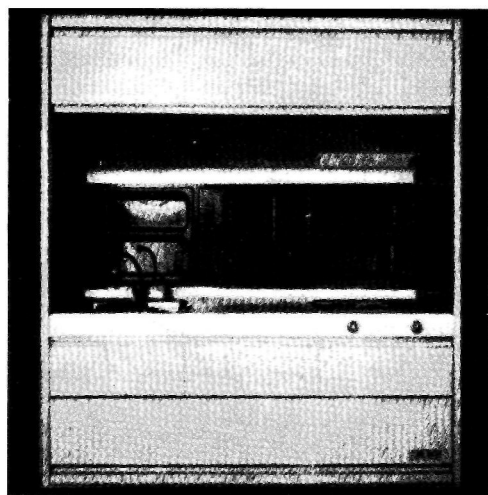
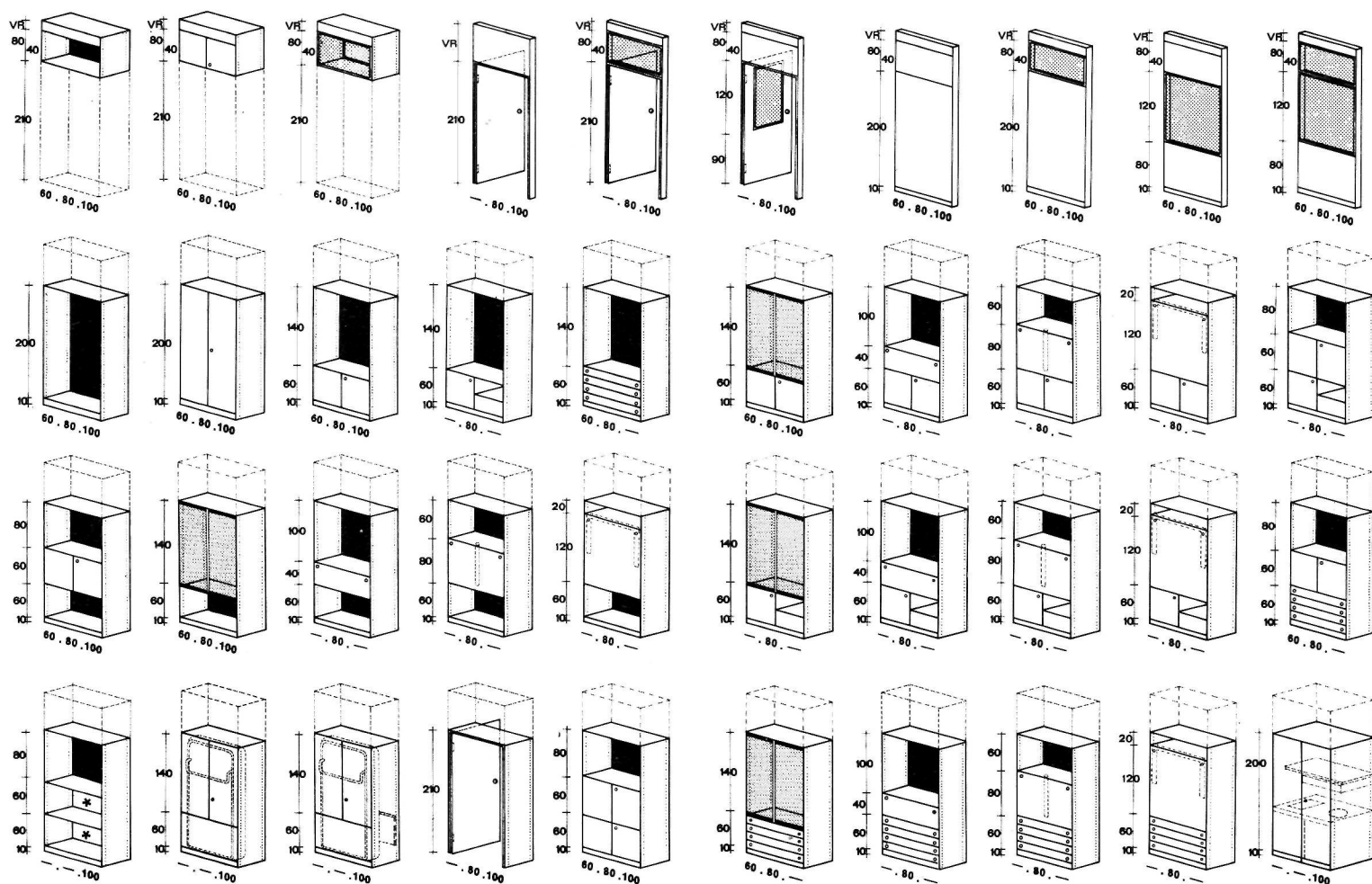
a, hangar smontabile e trasportabile prodotto a «catalogo»; b, copertura confiabile per campi da tennis; c, parcheggio di roulottes negli USA; mobile-house in fase di trasporto; d, e, mobile-house dell'arch. Rosselli; f, g, h, mobile-house dell'arch. Zanuso; i, «spazio abitabile, trasportabile ed estensibile» di J. D. Vredevoogd.

TAVV. 155-156. — L'ACCOPPIABILITÀ

Con **accoppiabilità** si indica la capacità del componente di collegarsi con altri componenti dello stesso tipo o di tipo diverso nell'ambito di uno stesso elemento di fabbrica (correlazioni «interne» al subsistema) e con componenti di altri elementi di fabbrica (correlazioni «esterne» tra sub-sistemi). Nella fase progettuale significa determinare gli attributi al «contorno» del componente per la realizzazione delle unioni, cioè risolvere il problema del «giunto». Per definire le caratteristiche morfologiche del componente ai fini del collegamento è necessario considerare se l'unione è « di forza » (per la resistenza statica dell'insieme assemblato) o di « tenuta » (per il comfort ambientale), oppure se assolve ad ambedue le funzioni. La connessione può avvenire tra elementi

a, giunzione diretta, « lineare », tra componenti monovalenti di partizione interna in laterizio conformati a « maschio e femmina »; b, collegamento di pannello-facciata plurivalente per più conformazioni di solai in c.a. (orizzontamento in vista A,,A_2, non in vista B,, B_s); c, finestra-monoblocco plurivalente per diverse conformazioni degli stipiti; d, e, attrezzatura di giunto a «tre vie» (Seagram Building, Mies Van der Rohe); f, g, componente per pareti attrezzate con giunto incorporato monovalente (correlazioni solo nell'ambito degli stessi elementi) a«4 vie» per unione «lineare» secondo tre assi ortogonali; h, profilo standard per connessioni in verticale e in orizzontale di pannelli progettati da Wachsmann e Gropius (procedimento « General Panels»; i, connessione «diretta» tra due ritti in acciaio, a «2 vie in linea», ottenuta con piastre incorporate sui profilati per costruire «unione di forza».

l	m	n
	o	p
q	r	s

(segue)

solo lineari o piani o spaziali, oppure risultare mista. L'unione può risultare «puntiforme» (nodo tra elementi lineari); «lineare» (giunzione lungo un piano), «piana» (collegamento interfaccia), «mista» (una combinazione delle precedenti). Il collegamento può essere riferito ad un sistema di assi ortogonali o non. Il componente può essere: **monovalente** (unica possibilità di accoppiamento) o **plurivalente** (capacità di connessione per diverse conformazioni dei componenti a contatto), capace di **giunzione diretta** (« giunto incorporato ») o di **giunzione indiretta** (« giunto scorporato »), conformato al «contorno» in modo da avere capacità di collegamento da una a più vie (« due vie in linea», « due vie ortogonali» o meno, «tre vie», ecc.).

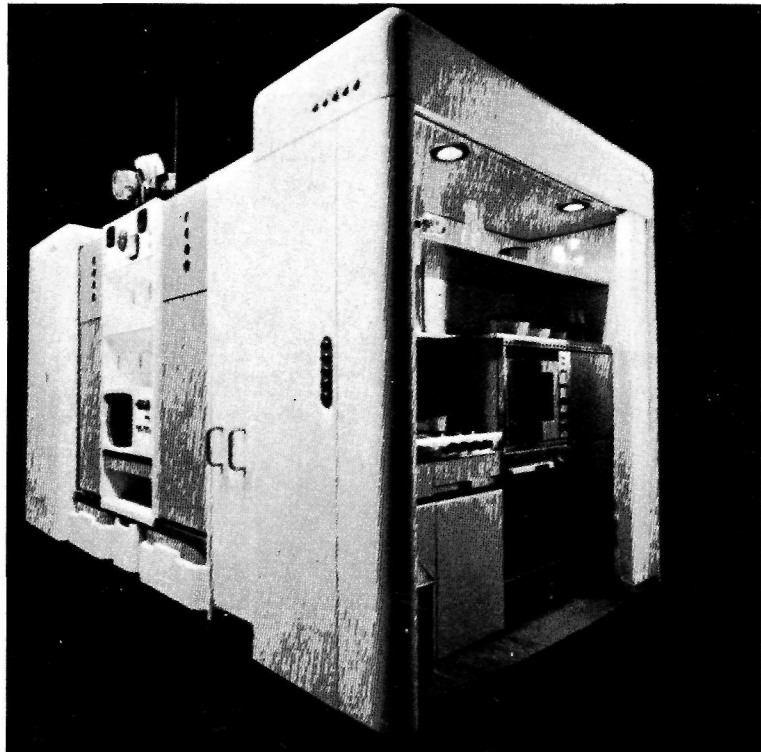
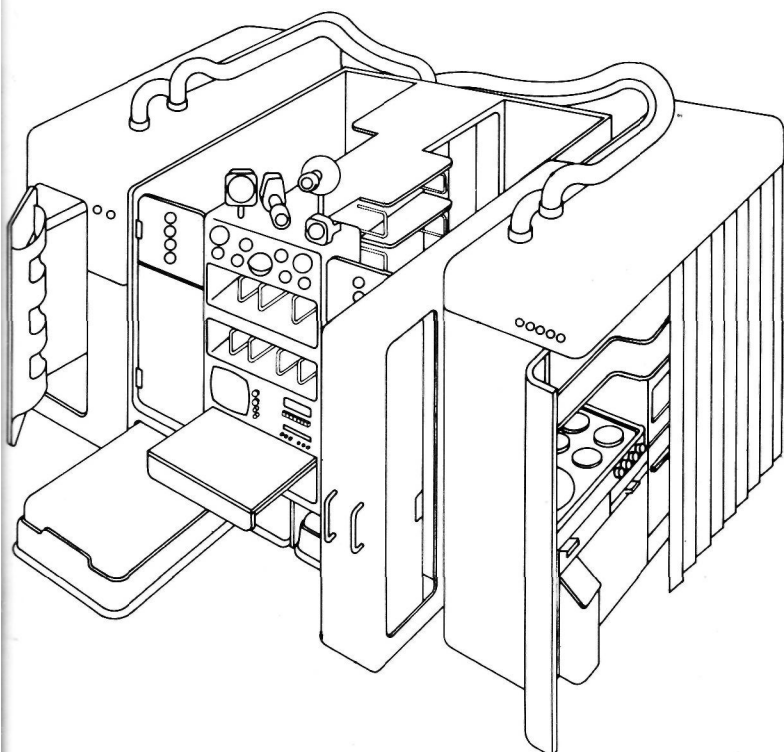
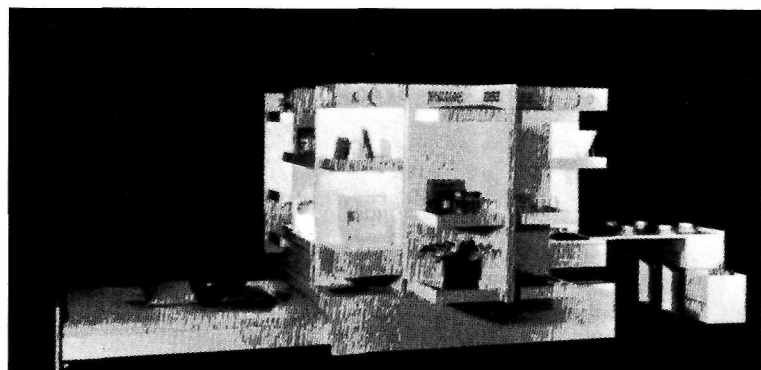
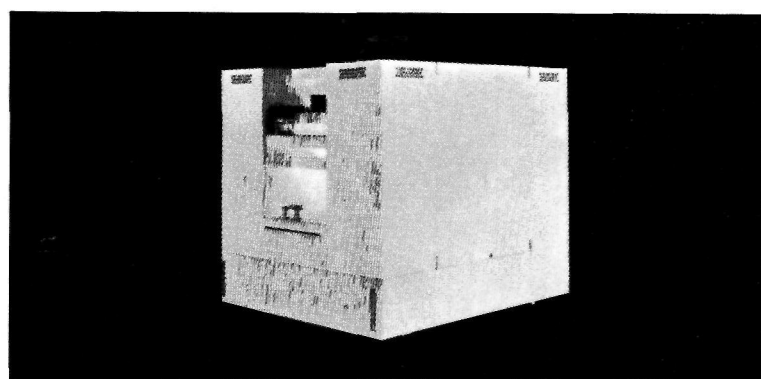
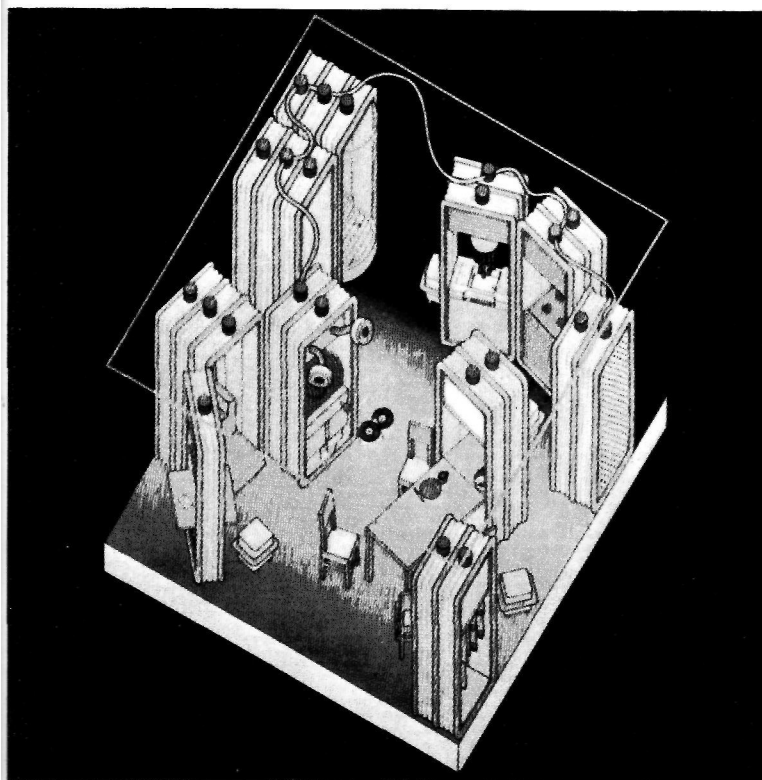
l, m, giunto scorporato «bagnato» per l'unione di pannelli in c.a. verticali e orizzontali: connessione «lineare» tra elementi piani ortogonali («2 vie ortogonali»); n, soluzioni di giunto scorporato «bagnato» a «2 vie in linea», a «3 vie ortogonali», e a «4 vie ortogonali » sul piano orizzontale tra setti verticali portanti; in basso unione a «4 vie ortogonali » sul piano verticale tra setti portanti e pannelli-solaio; o, collegamenti **diretti** (giunto incorporato) tra profilati in acciaio: «2 vie» sulla linea verticale, a «2 vie ortogonali » in orizzontale, a «3 vie ortogonali» sul piano orizzontale, a «4 vie ortogonali» sul piano verticale, a «2 vie ortogonali» sul piano verticale, a «3 vie ortogonali» sul piano verticale, a «6 vie ortogonali»; p, giunto «scorporato» in acciaio a «6 vie ortogonali» per pilastri e travi e a «4 vie» a 45° per predisporre i controventi; q, r, s, nodi per collegamenti «puntiformi» tra aste in acciaio, a vie multiple nello spazio.

a

b | c | d

TAVV. 157-158. — L'ARREDO E L'EDILIZIA INDUSTRIALIZZATA

Lo sviluppo dell'edilizia industrializzata è dovuto da una parte ad una espansione di attività dei produttori di oggetti edilizi intermedi, che dall'elemento costruttivo sono passati ad interessarsi all'intero organismo, dall'altra alle imprese edili tradizionali, che hanno intrapreso una ristrutturazione dell'organizzazione del cantiere su basi industriali. Tuttavia non bisogna dimenticare che tale sviluppo, specie ai nostri giorni, è incentivato anche dalle iniziative di produttori di arredi e di apparecchi di uso domestico. Si può senz'altro affermare che il rinnovamento su basi industriali di questo settore è avvenuto dalla metà del 1800 in parallelo, e per certi casi in anticipo, rispetto a quello delle costruzioni edili, senza peraltro una loro integrazione sul piano programmatico e produttivo: il « mobile» diviene prodotto di serie su scala industriale e la casa si «meccanizza» sotto il profilo dei servizi, percorrendo un cammino separato da quello dell'industria edile. Oggi, proprio per una razionale definizione di una edilizia industrializzata rispondente sia sotto il profilo produttivo che socio-economico, si sta realizzando l'anello di congiunzione tra i vari settori di produzione con l'obiettivo di offrire uno «spazio

a, produzione a «catalogo» di una ditta italiana di pareti attrezzate d'arredo, integrate con le pareti spostabili, con coordinamento dimensionale nel modulo internazionale 1M secondo classi di «ingombro modulare» in pianta e in alzato; per coprire varie altezze libere di piano si adottano due elementi sovrapponibili, l'inferiore con h fissa di 21M e l'elemento superiore con h in più classi in nM; b, e, d, proposta giapponese per « pareti attrezzate di facciata» ottenute con un « guscio » standard capace di differenti utilizzazioni nell'alloggio: contenitore degli apparecchi di cucina (b), contenitore degli apparecchi audio-visivi (e), contenitore-armadio (d).

e	f
	g
h	i

(segue)

costruito» funzionante. A tal fine si tende ad abbandonare, da parte delle imprese costruttrici, il principio di dare la costruzione « nuda », considerando l'« arredo » di competenza del committente; ciò è convalidato dall'orientamento della committenza pubblica (specie per l'edilizia scolastica e ospedaliera, ma anche per l'edilizia residenziale) di richiedere «chiavi in mano» edifici «funzionanti», cioè completi di tutti gli arredi e apparecchi necessari per lo svolgimento delle attività. In effetti affrontare il problema dell'edilizia industrializzata ha significato, con il processo di disagregazione e riaggregazione dell'organismo che sottende, analizzare dalle radici le esigenze dell'utente e quindi considerare globalmente le capacità di prestazione che deve possedere uno «spazio costruito» per risolvere in modo integrale il problema dell'abitare. Tutto ciò ha condotto alla constatazione, scontata per chi opera in termini di architettura, che l'arredo è parte integrante dello spazio abitativo e non può risultare un semplice «ammobiliamento» di «quattro pareti e un tetto», Una tale constatazione era imprescindibile per chi si proponeva di produrre su scala industriale (a «ciclo chiuso» o a «ciclo aperto») l'organismo edilizio, cioè come entità «finita» pronta per l'uso.

(continua a pag. 290)

e, progetto di «contenitori» variamente componibili e articolabili (sono compresi il fornello e i servizi igienico-sanitari) di E. Sottsass jr.'
f, g, «centrai block», contenente il letto, il tavolo, il guardaroba, la toilette e scaffali, progettato da A. Seassaro (prototipo del 1970)!
h, i, « isola attrezzata » (comprensiva di cucina e bagno) di J. Colombo per due letti e quattro posti pranzo-soggiorno.

Segue da Tavv. 111-112.

La prefabbricazione totale o parziale di un'opera nei modi suddetti non può certo significare che si opera nell'ambito dell'edilizia industrializzata, se con questo termine si intende la ripetitività dell'opera edilizia in senso seriale. Quindi prefabbricazione non sta implicitamente ad indicare che si usano procedimenti industrializzati per produrre componenti od opere edilizie. È altrettanto evidente che la prefabbricazione, qualora sia finalizzata alla produzione seriale di oggetti ripetitivi (siano essi componenti od organismi edilizi), rappresenta uno dei modi per industrializzare i procedimenti costruttivi. Pertanto si può avere il caso, oggi il più frequente, della realizzazione di un'opera unica, irripetibile, che utilizza anche elementi prefabbricati di serie (ad esempio serramenti, pannelli-facciata, pannelli-solaio, blocchi funzionali, ecc.); si può avere il caso di edifici o di opere infrastrutturali da riprodurre in molteplici esemplari realizzati interamente in opera con procedimenti tradizionali; in altri casi l'organismo edilizio ripetibile è prefabbricato in serie e viene realizzato in più esemplari in uno stesso cantiere o in più cantieri mediante semplici operazioni di montaggio.
D'altra parte si possono realizzare in opera organismi edilizi mediante procedimenti industrializzati senza ricorrere alla prefabbricazione (ad es., « industrializzazione dei getti »). Certamente la prefabbricazione, vista come mezzo per realizzare e programmare la costruzione, ha giuocato e giuoca un ruolo importante nell'industrializzazione edilizia.
Schematizzando, si è passati dalla prefabbricazione dell'opera unica a quella del complesso edilizio che prevedeva la ripetizione di tipi (unità residenziali, opere d'arte ripetute per lunghi tracciati stradali, ecc.); si è ricorso, dapprima ad una prefabbricazione artigianale a piè d'opera, poi a quella meccanizzata sempre a piè d'opera, infine si è giunti all'impianto di officine specializzate per la prefabbricazione fuori d'opera. A questo punto si è innescato il processo rivolto all'edilizia industrializzata, cioè prefabbricare le parti costituenti l'organismo edilizio in officina (sul modello di altri settori industriali) in base a precisi termini di programmazione e secondo i criteri della « serie ». L'edilizia industrializzata è stata affrontata secondo due diversi obiettivi: produrre specifici tipi di edifici e quindi i relativi componenti, il **ciclo chiuso**; produrre componenti polivalenti per consentire la costruzione di edifici progettualmente non predeterminati, il **ciclo aperto.**
Se la prefabbricazione a piè d'opera e l'industrializzazione dei getti rappresentano un'evoluzione all'interno del cantiere edile, come espressione di una gestione diretta del processo costruttivo da parte dell'impresa costruttrice, la prefabbricazione seriale in officina sta ad indicare l'inserimento incisivo nel cantiere edile della produzione industriale degli oggetti edilizi intermedi; inserimento che, al limite, dà a quest'ultima la gestione del processo costruttivo, riducendosi l'attività cantieristica al semplice montaggio.
Ovviamente sarebbe errato considerare i due modi di gestione tra loro antitetici e incompatibili; se si eviteranno radicalizzazioni nell'uno o nell'altro senso, si potrà pervenire alla loro integrazione, dando luogo ad un maggiore equilibrio socio-economico nel settore dell'industria edilizia.

Segue da Tav. 133.

giore penetrazione e diffusione nel mercato edilizio. Un tale comportamento da parte dei produttori ha aperto la via all'industrializzazione a « ciclo aperto ».
Oggi si hanno una molteplicità di ditte che producono componenti impiegabili in procedimenti tradizionali e industrializzati, sia in più tipologie edilizie (serramenti, pannelli-facciata, pannelli-solaio, capriate, blocchi funzionali, ecc.).
Al fine di una maggiore flessibilità di impiego e quindi di una maggiore penetrazione commerciale è interessante la recente iniziativa di alcuni produttori di serramenti in alluminio che confezionano « scatole di montaggio », cioè il serramento preconfezionato e montato nelle sue parti costituenti è inviato all'artigiano locale, o direttamente al costruttore, che provvederà all'assemblaggio e alla posa in opera. In questo modo si hanno i benefici economici di una produzione seriale degli elementi base in officina e, riservando all'attività artigianale di provvedere al montaggio e alla posa in opera, si può avere un minor costo del componente rispetto ad una gestione diretta da parte della ditta produttrice. E un criterio operativo che conduce ad una coesistenza equilibrata e anticoncorrenziale tra industria e artigianato e proprio in questo senso è interessante. Analogo criterio è seguito dai produttori di elementi costruttivi funzionali reticolari piani o spaziali basati sul montaggio in opera di aste e nodi per realizzare chiusure orizzontali di differente estensione e forma.

Segue da Tav. 154.

abitazione, il cui progenitore è il carro degli zingari (popolazioni nomadi per eccellenza), hanno avuto origine dalle roulottes usate a scopo turistico o per insediamenti provvisori (ad es., i « villaggi temporanei » degli operai agricoli stagionali negli USA). Da qui l'idea di produrre abitazioni in grande serie facilmente trasportabili e spostabili pronte per soddisfare la richiesta sempre crescente di alloggi; nasce così la mobile-house, promossa in genere proprio dall'industria automobilistica. Se l'idea aveva il suo fascino e anche la sua dose di convenienza economica, specie come volano di riconversione per consentire all'industria automobilistica di superare i periodi di crisi, tuttavia ha subito rivelato delle profonde carenze sul piano socio-economico. In sostanza unico obiettivo conseguibile era ridurre l'alloggio ad un prodotto di consumo, come i tanti offerti oggi in nome della tecnologia, con una dequalificazione del ruolo stesso di abitare, basato su di una provvisorietà « permanente » della struttura urbana. Pur coinvolgendo nel « lancio » i designer più qualificati e raffinati, non si è potuto evitare di considerare gli insediamenti di mobile-houses delle « bidonvilles » prodotte industrialmente con tecnologie avanzate, senza perdere, prealtro, gli attributi di emarginazione tipici delle « bidonvilles » vere e proprie. Comunque la produzione di mobile-houses può avere la sua convenienza di utilizzazione se ricondotta nei limiti che le competono, e cioè quelli iniziali di sopperire a necessità contingenti e provvisorie sia a livello individuale che collettivo; in particolare possono trovare un uso di pubblica utilità in casi di calamità (come ad esempio, nei terremoti) per fornire rapidamente un alloggio sufficientemente confortevole. Inoltre la produzione può essere indirizzata anche per realizzare « moduli viaggianti » in qualità di attrezzature complementari e decentrate per il settore scolastico e sanitario.

Segue da Tavv. 157-158.

Nel processo di integrazione tra arredo e apparecchiatura costruttiva ha giuocato la convenienza economica da parte dei produttori di arredi e di apparecchi di servizio ad inserirsi nei programmi di intervento per settori specifici (edilizia scolastica, ospedaliera, alberghiera, residenziale, ecc.); inoltre ha contribuito il criterio di diminuire il costo globale dello « spazio costruito », sia da parte delle imprese costruttrici che della committenza, sostituendo alla tradizionale somma del costo del vano « nudo » con quello successivo dei mobili e apparecchi vari il costo del vano « attrezzato », cioè dotato almeno degli arredi fissi e degli apparecchi di servizio ricorrenti e ormai considerati « spersonalizzati » dall'utenza; vano « attrezzato » che con la produzione seriale di componenti dovrebbe risultare più economico.
Il principio di ottenere un vano « attrezzato » unitamente all'obiettivo della « flessibilità d'uso » e della « flessibilità costruttiva » (già riscontrabile in studi e progetti dei « maestri » del razionalismo e in alcune esperienze del Füller) ha condotto, oltre alla produzione di blocchi-funzionali bagno-cucina, a due diverse impostazioni progettuali: localizzare gli arredi fissi al contorno dello spazio agibile, utilizzando le pareti, compresa quella della facciata; concentrare « entità volumetriche » di arredi fissi ed anche di apparecchi di servizio in un punto dell'ambiente, mantenendone l'unità percettiva. Nel primo caso si hanno le « pareti attrezzate » spostabili di divisione interna, ormai di produzione corrente, e le « pareti attrezzate di facciata », in fase promozionale (vedi Tav. 157). Nel secondo caso rientrano le recenti proposte (alcune già in fase realizzativa) di più « designers » relative alla « total furnishing unit »: uno spazio agibile unitario viene di volta in volta classificato e caratterizzato da un « nucleo articolabile » di arredi (dai « contenitori mobili » apribili e variamente dislocabili di E. Sottsass jr., alle « isole attrezzate » di A. Seassaro e J. Colombo, vedi Tav. 158). Queste proposte possono sembrare oggi « inconsuete » e destinate ad un'utenza d'èlite, ma indicano una via che dovrà essere certamente percorsa per un rinnovamento dell'organizzazione dello spazio interno.

PARTE QUARTA

EDILIZIA DEL FUTURO

GENERALITÀ

A conclusione di questo primo volume sull'edilizia si vuole trattare brevemente di quelle opere che in un futuro più o meno lontano saranno necessarie per rendere possibile all'uomo di svolgere attività stanziali in ambienti completamente diversi da quello «terrestre», cioè il «mare» o lo «spazio extra-terrestre». Si affronta un tale argomento non tanto per illustrare nuove tecniche costruttive, che hanno certamente la loro importanza, quanto per sottolineare, ancora una volta, come l'edilizia debba trovare la sua qualificazione in rapporto alle esigenze globali che promuovono il processo insediativo dell'uomo. Forse proprio esaminando un contesto operativo «nuovo», al di fuori della attività insediativa «tradizionale» e «corrente», è possibile rendersi maggiormente conto sia che l'edilizia è un insieme correlato di organismi e di opere infrastrutturali determinante la struttura dell'insediamento, sia che, ove non si comprenda e non si persegua un tale risultato, l'attività edilizia, nello scadere nel mero tecnicismo, può produrre e produce «storture» irreparabili nell'habitat.

Anticipando quanto risulterà evidente nelle esemplificazioni che seguiranno, la conquista del mare e degli oceani da parte dell'uomo potrà essere intrapresa in modo «selvaggio» se sarà intesa come brutale necessità per « sfruttare » incondizionatamente le risorse sottomarine o per « invadere » le superfici marine con incontrollati insediamenti pseudo-terrestri; potrà risultare, invece, «naturale» se tenderà a rispettare l'habitat marino e a determinare un equilibrio reale tra insediamenti «marini» e «terrestri».

Per quanto riguarda l'edilizia « spaziale » è evidente come in questo momento lo sforzo sia essenzialmente a livello tecnico per consentire la fattibilità costruttiva e la sopravvivenza fisica e psichica dell'uomo, piuttosto che a livello di « progetto » di una nuova struttura insediativa. Nonostante questi limiti, l'insediamento dell'uomo nello spazio è affrontato ipotizzando soluzioni globali e non settoriali, anche se talvolta improntate ad una riproduzione dell'ambiente terrestre alla Disneyland. La spinta verso il «mondo marino » e verso lo « spazio » è conseguente allo squilibrio territoriale e socio-economico che si manifesta con sempre maggiore irruenza nel «mondo terrestre»: la necessità di reperire nuove risorse e nuovi spazi insediativi, conseguente anche all'incontrollato sviluppo demografico della terra, è un fatto incontestabile che dovrà essere affrontato, nel bene o nel male, da tutta l'umanità. Quindi è opportuno dare uno sguardo, anche se panoramico, a quelle iniziative che fin da oggi si pongono, anche se a diversi livelli, il problema dell'*edilizia del futuro: l'edilizia del mare, l'edilizia dello spazio.*

Il mare è uno «spazio nuovo» (sesto continente) che costituisce un'immensa riserva di alimenti, di materie prime e di energia per risolvere i problemi esistenziali dell'uomo in un domani ormai sempre più vicino.

Perciò da alcuni anni si stanno sviluppando studi sia a livello programmatico che tecnologico per promuovere un organico sviluppo dell'«utilizzazione» del mare. Il mare ha acquisito una dimensione insediativa ed economica tale da richiedere branche scientifiche specializzate, come l'oceanografia, e tale da promuovere la ricerca di nuove tecnologie.

Attualmente si possono individuare due settori ben precisi che interessano l'attività edilizia:

— il primo settore si riferisce all'utilizzazione delle risorse energetiche, delle materie prime e delle risorse alimentari che il mare può offrire;

— il secondo settore comprende tutte quelle iniziative che tendono ad utilizzare la superficie del mare come «espansione» dell'insediamento terrestre.

Fig. 186. Il sesto continente.

Fig. 187. Impianto della Rance (Francia) per lo sfruttamento dell'energia delle maree (1970).

Utilizzazione delle risorse del mare

Le piattaforme petrolifere.

Dal punto di vista energetico si tende ad utilizzare l'energia delle maree, l'energia termica (sfruttando la superficie del mare come sorgente calda e le acque profonde come sorgente fredda), l'energia delle correnti, l'energia del moto ondoso, essenzialmente per trasformarle in energia elettrica.

Attualmente soltanto lo sfruttamento dell'energia delle maree ha dato luogo ad un'opera infrastruttura!e di una certa importanza e precisamente l'impianto francese della Rance costruito negli anni 70 (vedi fig. 187). (1)

Particolare interessante invece hanno le installazioni in mare per l'estrazione del petrolio. Interesse dovuto non tanto all'importanza energetica che ha questa materia prima, quanto al fatto che le tecniche applicate per la realizzazione delle installazioni costituiscono punto di riferimento per la progettazione di città sul mare e di infrastrutture destinate ai trasporti, di cui si dirà in seguito.

(1) L'utilizzazione dell'energia dovuta alle maree è possibile soltanto in quelle zone in cui la marea sia di ampiezza elevata, in quanto l'energia recuperabile è proporzionale al quadrato di tale ampiezza. Da un punto di vista teorico l'impianto è estremamente semplice: delimitata una porzione di mare con una diga, si dislocano su questa turbine a semplice o doppio effetto che funzionano in base alla differenza di livello tra alta marea e bacino.
L'impianto presenta due inconvenienti: funzionamento discontinuo; energia variabile in rapporto all'ampiezza della marea. Quindi attualmente non è particolarmente diffuso, anche perché implica un prezzo kilowatt/ora più elevato rispetto sia ai tipi di impianti tradizionali, sia a quelli nucleari. Tuttavia l'utilizzazione dell'energia delle maree, che è un'energia «pulita», potrà avere, per particolari regioni, un efficace ruolo complementare.

Le piattaforme di estrazione in mare, necessarie per rifornire il mondo industriale sempre più assetato di energia, costituiscono l'emblema di quella conquista «selvaggia» del mare di cui si è detto all'inizio, e contribuiscono ad alterare i valori ambientali sia sopra che sotto il mare.

Una notevole evoluzione delle tecniche costruttive ha interessato sia la fase di esplorazione per l'individuazione dei giacimenti petroliferi sia la fase di sfruttamento del giacimento.

Per la prima fase, che dura circa due o tre mesi, occorre costruire un supporto mobile; per la seconda fase, che può durare a seconda dell'importanza del giacimento venti o trenta anni, è necessario un supporto fisso che deve sostenere la testa del pozzo.

Per la trivellazione esplorativa si è passati dalle trivelle su pontili di legno del 1896 in California alle *piattaforme sommergibili* realizzate a partire dal 1949.

Le piattaforme sommergibili, utilizzate ancor oggi in Luisiana e in Nigeria, sono costituite da chiatte zavorrate e sostenenti l'impianto di trivellazione: la chiatta, condotta sul luogo della trivellazione, viene zavorrata e si sommerge; per il successivo spostamento verrà tolta la zavorra e la chiatta tornerà a galleggiare.

Dalle piattaforme sommergibili, che sono utilizzabili fino ad una profondità di circa 60 m e in caso di fondali piatti e regolari, si è passati dagli anni '50 alle *piattaforme autoelevatrici*, adatte per fondali movimentati e fino a 100 m di profondità (Tav. 159 a, b).

Le piattaforme autoelevatrici sono costituite da un « guscio » munito di tre o cinque pile: vengono trasportate per galleggiamento sul posto e mediante un dispositivo idraulico, o pneumatico, o elettrico, le pile sono abbassate sino a toccare il fondo e, al tempo stesso, il «guscio» viene sollevato ad una quota di circa 1,50 m sulla superficie del mare ad evitare l'azione delle onde. Per profondità superiori ai 50 m le pile, in numero di tre, vengono disposte inclinate, per aumentare il poligono d'appoggio.

Per rendere l'impianto autonomo dalla profondità e dalle caratteristiche di resistenza e orografiche del fondo marino sono state introdotte, dal 1962, le *piattaforme galleggianti*, dette *semi-sommergibili.* Queste piattaforme sono formate da un pianale che sopporta l'impianto di trivellazione e da pile munite alle estremità di grossi galleggianti sommersi ad una profondità dell'ordine dei venti metri; sono mantenute

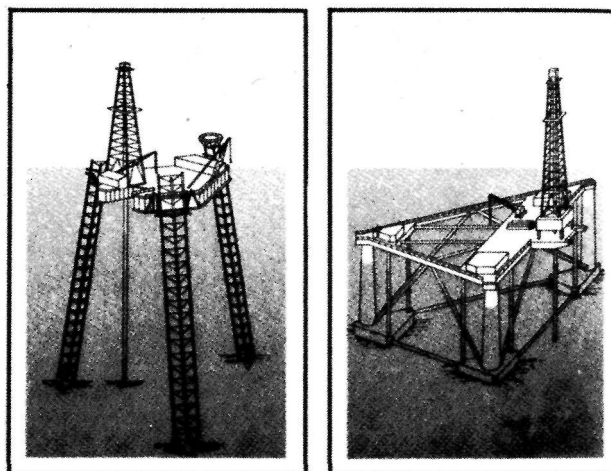



Fig. 188. Piattaforme «appoggiate».

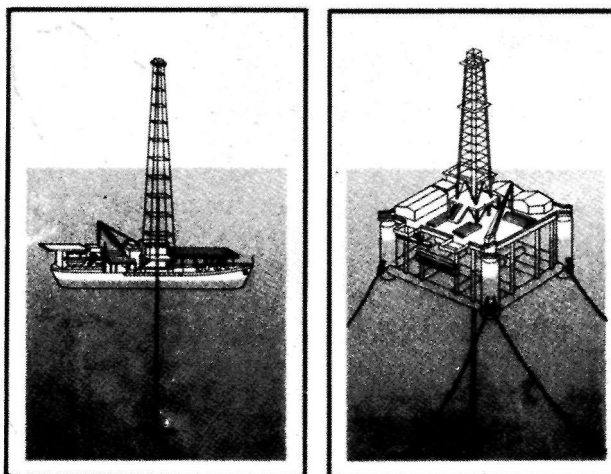



Fig. 189. Piattaforme «galleggianti».

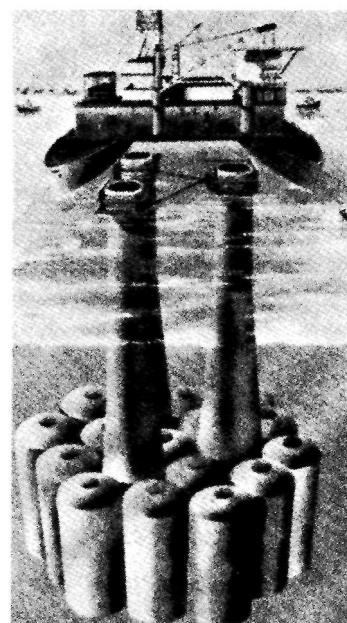



Fig. 190. Piattaforma spostabile in c.a. nel Mare del Nord (vedi anche Tav. 160, g, h).

fisse da un insieme di cavi d'ancoraggio e un sistema di controventature ne assicura la rigidità. Risultano molto stabili anche sotto l'azione di forti venti e marosi.

Un esempio particolarmente interessante è la piattaforma francese denominata Pentagono 81 Nettuno 7, realizzata nel 1968 (vedi fig. 194 e Tav. 159 e); l'impianto ha dimostrato un'ottima stabilità: sotto l'azione di onde di circa 19 m d'altezza si è inclinato di soli 4,5°. L'uso delle piattaforme galleggianti è possibile fino a profondità di 500 m, in quanto a profondità maggiori non è conseguibile un efficiente sistema di ancoraggio.

Considerato che le spese di rimorchio sono notevoli per lo spostamento di questo tipo di piattaforme, sono in corso di realizzazione *piattaforme semisommergibili semoventi* a posizionamento dinamico. La IFP.CFEM. Foramer ha progettato la Dyposemi «T3 », che è una piattaforma da utilizzare per trivellazioni sino a 7000 m, a una profondità di circa 1000 m, da effettuare nelle peggiori condizioni metereologiche e marine, compresa la presenza di icebergs (vedi fig. 204). Il pianale, che ha forma circolare (diametro di 71 m) e 9 m di altezza, è sostenuto da pile di 25 m d'altezza e 12 m di diametro collegate a galleggianti cilindrici di 54 m di lunghezza e 14 m di diametro.

Per quanto riguarda le attrezzature per la fase di estrazione si realizzano *piattaforme fisse* che possono servire contemporaneamente a numerosi pozzi facenti capo ad un medesimo giacimento.

Queste piattaforme sono in genere formate da un traliccio in tubolari d'acciaio e sono collegate al fondo marino mediante palificazioni infisse nel terreno.

Per condizioni ambientali particolari, ad esempio in presenza di un elevato spessore di strati di ghiaccio vengono previste *piattaforme monopodi, tripodi, quadripodi.* Un esempio di piattaforma tripode è riportato nella fig. 190 e nella Tav. 159 g,h mentre nelle Taw. 160 - 161 è rappresentata (in sezione) una piattaforma in c.a. precompresso formata da quattro piloni troncoconici poggianti su di un cassone diviso in più compartimenti. La piattaforma, una volta trasportata sul posto per galleggiamento, viene immersa mediante graduale zavorraggio, sino a poggiarsi sul fondo e, ad operazione terminata, risulta stabile per azione del peso proprio. Soluzione più recente (1968) è la *piattaforma oscillante,* tipo Elf-Erap. La piattaforma oscillante è costituita da uno stelo cilindrico a compartimenti, di 124 m d'altezza,

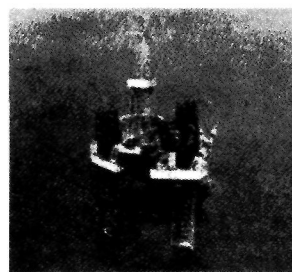



Fig. 191. Nettuno 1 (1965).

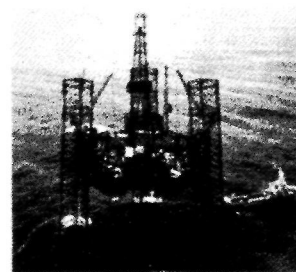



Fig. 192. Nettuno-Gascogne (1965).

Fig. 193. Elf-Océan (1968).

Fig. **194.** Nettuno 7 (1969).

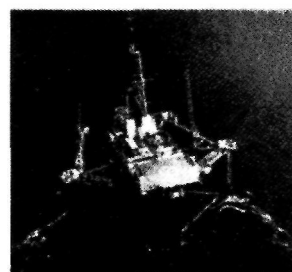



Fig. 195. West-Venture (1973).

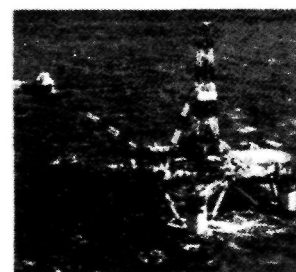



Fig. 196. Drill Master (1973).

Fig. 197. Medusa (1974).

Fig. 198. Penta 89 (1976).

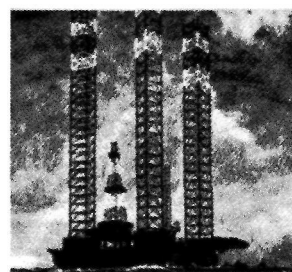



Fig. 199. Trigone 1 (1976).

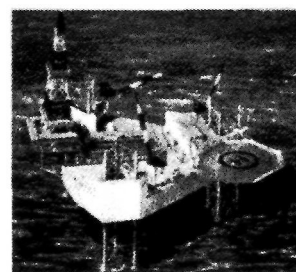



Fig. 200. Trigone 2 (1976).

collegato con un giunto articolato ad un basamento composto da quattro cilindri orizzontali aventi 4 m di diametro; questo accorgimento consente allo stelo di seguire l'azione delle onde mantenendo il suo stato di equilibrio grazie a sei galleggianti verticali ad esso applicati e alla zavorra immessa nei suoi compartimenti (vedi Tav. 162 a,b). La piattaforma, portata sul posto per galleggiamento, viene riempita con 1.1001 di cemento e quindi entra in esercizio.

Attualmente, considerato che debbono essere raggiunte profondità sempre maggiori, ci si orienta verso impianti interamente sottomarini dove l'intervento dell'uomo sarà ridotto al minimo.

Da quanto esposto si può rilevare come le tecniche costruttive delle piattaforme per l'estrazione del petrolio abbiano subito una evoluzione che è conseguente ad un costante approfondimento nella conoscenza dell'ambiente marino; i risultati ottenuti vanno al di là dell'utilizzazione specifica poiché i principi su cui si basano tali tecniche costruttive possono essere sfruttati per realizzare opere edilizie di maggiore importanza e con altre finalità.

In effetti oggi è possibile realizzare, oltre ad isole artificiali «fisse», isole galleggianti a «fondo piatto» o « semisommerse» da utilizzare, come si dirà in seguito, per porti, aeroporti e per organismi abitativi (vedi Tav. 163).

La forma, la dimensione e le capacità di resistenza di queste isole galleggianti sono essenzialmente conseguenti all'azione delle onde (lunghezza ed ampiezza dell'onda max.), del vento, delle maree, dei tifoni, e alla pressione idrostatica; altri fattori da considerare, specie per gli ancoraggi, sono la sismicità e i possibili movimenti del fondo marino, azioni di scalzamento ed i fenomeni di accrescimento organico e corrosivi (corrosione delle parti soggette soltanto all'aria marina o alternativamente all'aria e all'acqua, di quelle sommerse). L'ancoraggio, che deve compensare l'azione delle forze esterne sull'isola galleggiante, può essere: del *tipo a trazione* (richiede dispositivi di compensazione per l'effetto delle maree) con cavi fissati al fondale per mezzo di pali; del *tipo a catenaria,* che non richiede apparecchiature di compensazione ed è maggiormente applicato in acque profonde; l'ancoraggio può essere anche realizzato mediante un sistema a «posizionamento dinamico», specie per fondali molto profondi. Per evitare collisioni le isole galleggianti sono munite di mezzi di sicurezza «attiva», come le apparecchiature di segnalazione

Fig. 201. Piattaforma «articolata ».

Fig. 202. Piattaforma di produzione.

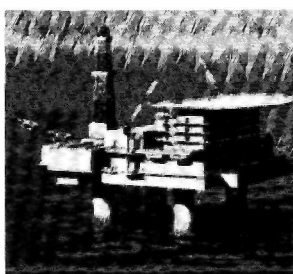



Fig. 203. Piattaforma « fissa ».

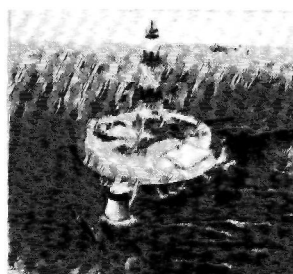



Fig. 204. Piattaforma a « posizionamento dinamico ».

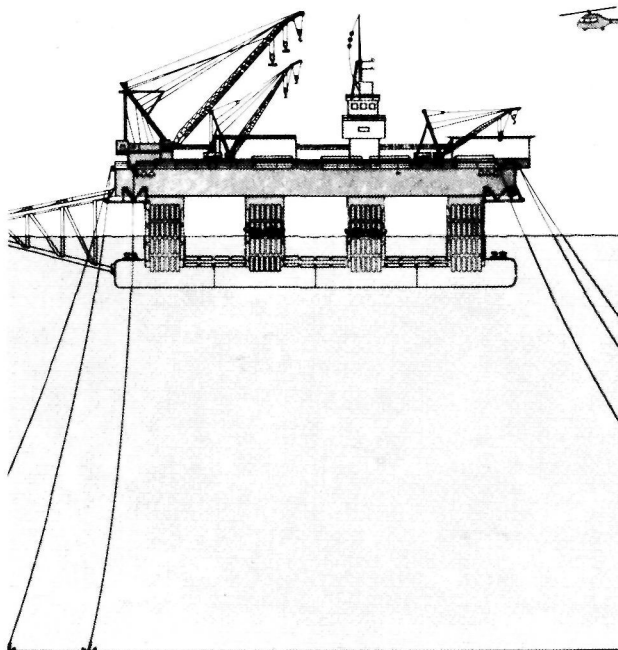
Fig. 205. Piattaforma del tipo ad «isola galleggiante semisommersa» con ancoraggio mediante cavi disposti a «catenaria» (maggiormente usato in acque profonde).

(elettroniche, ottiche, acustiche) e «passiva», come gli sbarramenti appoggiati sul fondale o galleggianti (ambedue utilizzabili come frangi-flutti).

Fig. 206. Acquicoltura negli U.S.A.

L'acquicoltura e i parchi marini

L'utilizzazione delle risorse del mare dal punto di vista alimentare apre una problematica estremamente interessante e complessa in quanto, oltre all'individuazione di nuove tecniche per rendere possibile sia la vita subacquea dell'uomo sia la «costruzione» di insediamenti sul mare e nel mare, implica a monte l'organizzazione programmata dei modi di conduzione delle attività di sfruttamento e una organica pianificazione per conferire un assetto insediativo allo spazio sottomarino.

La pesca ha rappresentato fino ad oggi il sistema per utilizzare il mare come riserva alimentare, da alcuni anni si tende a organizzare allevamenti subacquei localizzati, dove l'uomo non si limita a «prendere», ma effettua, controlla e sviluppa un vero e proprio ciclo produttivo. In analogia a quanto è avvenuto in tempi remoti nell'ambiente terrestre, passando dalla caccia all'agricoltura, oggi si profila il passaggio dalla pesca all'*acquicoltura.*

In un domani non molto lontano si avranno le «fattorie marine», come oggi si hanno le fattorie agricole. L'acquicoltura per potersi espletare in modo organico e razionale presuppone, come l'agricoltura, una pianificazione delle attività colturali, che richiede la conoscenza dell'ambiente in cui si opera e la definizione di particolari tecniche di conduzione e di allevamento. Naturalmente nel caso dell'acquicoltura subentra un fattore determinante circa le possibilità e le capacità che l'uomo ha di «penetrare» nell'ambiente marino.

Come per il suolo agricolo, occorrerà definire una politica sulla proprietà delle acque in funzione di uno sviluppo equilibrato dell'acquicoltura, localizzare le acque «fertili», puntualizzare processi intensivi di allevamento.

A questo punto potrebbe sorgere nel lettore il dubbio che si stia scivolando nel campo fantascientifico, in intuizioni fantastiche alla Giulio Verne: quanto si dirà in seguito sulle realizzazioni, le ricerche e le sperimentazioni in corso in molti Paesi fugherà un simile dubbio.

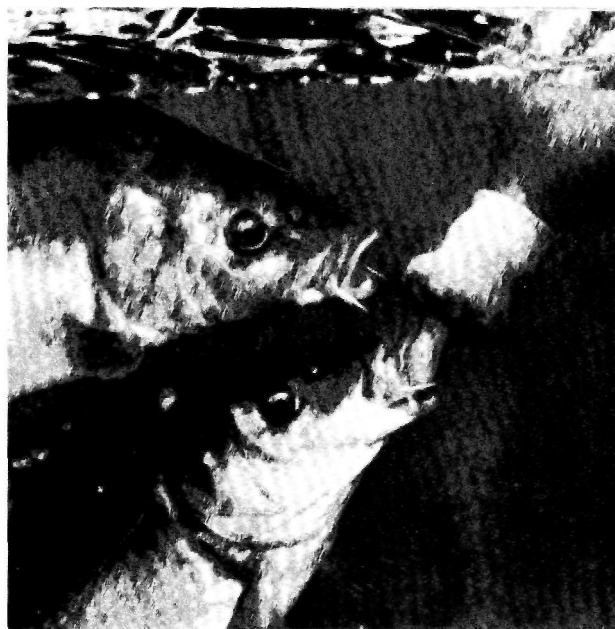
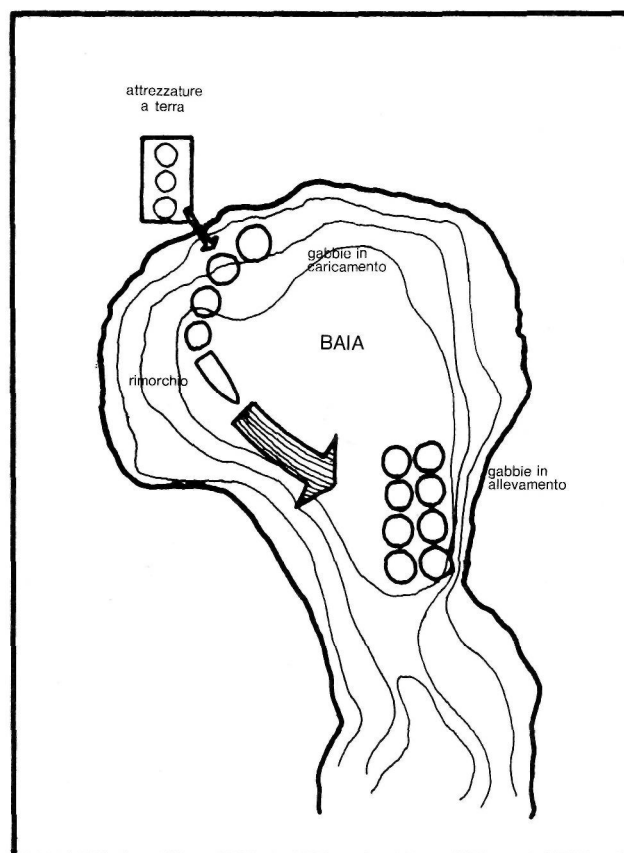



Fig. 207. Schema di acquicoltura a Okaichi, in Giappone.

Nel 1967 in Giappone venivano costruite le prime *gabbie sottomarine* necessarie per allevamenti in «fattorie del mare». Un ciclo produttivo già sperimentato è il seguente: una prima fase in acqua dolce per la riproduzione a terra vicino alla riva; una volta che gli animali adulti hanno raggiunto un certo peso sono immessi in gabbie (galleggianti o sommergibili-spostabili) che vengono trasportate sul mare, dove avviene il completamento del ciclo di crescita (vedi figg. 207 - 208). Oggi nella baia di Hiketa vengono utilizzate gabbie sottomarine-spostabili per l'allevamento e la produzione di circa 2000 t di Yellow tails. Questi tipi di allevamento contemplano una fase terrestre ed una strettamente marina, ma già si prevede la possibilità attraverso un processo evolutivo, schematizzato nella fig. 209, di giungere ad effettuare l'intero ciclo di allevamento nell'ambiente naturale sottomarino.

Lo sviluppo dell'acquicoltura interamente subacquea, sia riferita alla fauna che alla flora marina, la necessità per l'uomo di prendere maggior conoscenza e praticabilità dell'ambiente marino (proprio per tale sviluppo e per utilizzare le materie prime), ed infine la tendenza da parte della collettività ad acquisire il mondo subacqueo come patrimonio culturale e luogo di attività sportive e di svago, sono tutti fattori che giustificano la presenza dell'uomo nel mare e che fanno prevedere futuri insediamenti subacquei e quindi la necessità di una pianificazione a questo fine dell'ambiente sottomarino.

L'insediamento dell'uomo nel mare richiede quindi la risoluzione integrata di una serie di problemi, quali: il mantenimento dell'equilibrio ecologico dell'ambiente marino; l'ambientamento biologico e fisiologico dell'uomo in uno «spazio» nuovo; l'individuazione di mezzi tecnici per consentire la permanenza prolungata e confortevole dell'uomo nelle profondità marine; la progettazione dell'assetto dello «spazio» marino in rapporto alle esigenze dell'uomo inserito in questo nuovo ambiente e in rapporto alle esigenze economico-produttive derivanti dalle attività che si debbono svolgere e alle risorse da utilizzare; la determinazione dei sistemi produttivi e costruttivi per rendere possibile la realizzazione degli insediamenti subacquei.

È evidente come lo sviluppo di una «edilizia subacquea » presupponga la definizione di una struttura insediativa consapevole dell'ambiente in cui si inserisce e delle esigenze dell'uomo, nel significato più

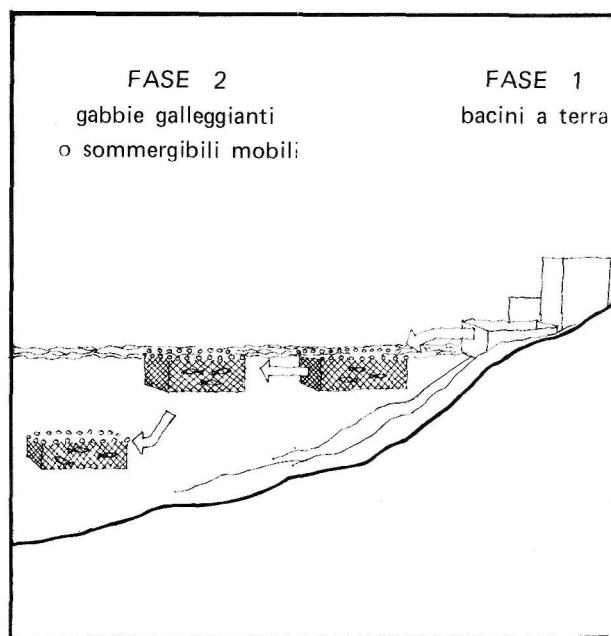
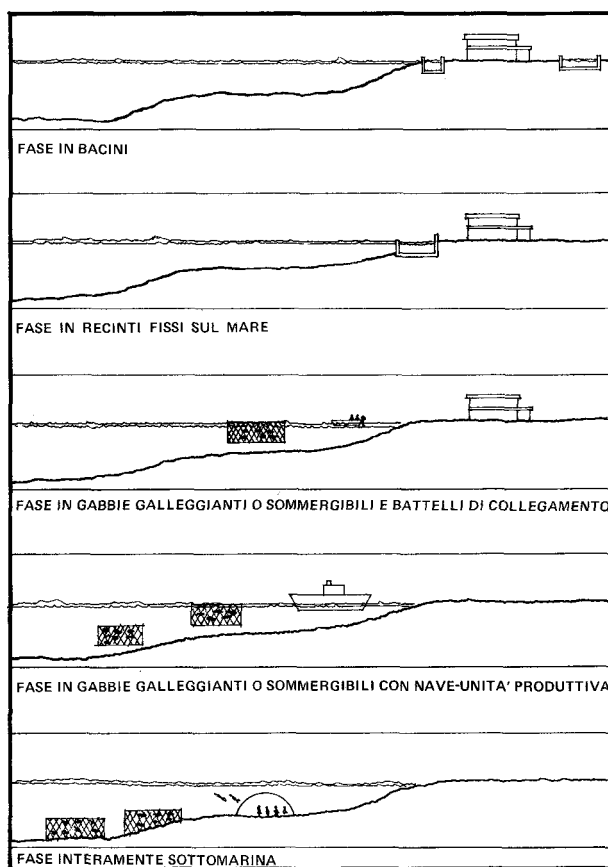



Fig. 208. Schema funzionale dell'impianto di acquicoltura di Okaichi in Giappone.

Fig. 209. Schematizzazione della possibile evoluzione dell'acquicoltura.

ampio del termine. È altrettanto evidente come per consentire la conquista del VI Continente da parte dell'uomo non sia sufficiente concepire soltanto edifici sottomarini e infrastrutture subacquee, bensì come sia indispensabile, proprio per la sopravvivenza dell'uomo, una concezione globale dello spazio insediativo.

A questo punto è altrettanto evidente che quanto si richiede per l'insediamento dell'uomo sul mare è analogo a quanto si richiede e si doveva costantemente applicare per l'insediamento terrestre. Proprio per un'incontrollata e disaggregata attività insediativa ed edilizia, ignara degli inevitabili e gravi squilibri che andava producendo nell'ambiente «terrestre», l'uomo si vede costretto a «buttarsi» in mare. E si ha perciò ulteriore conferma che l'edilizia non è una sommatoria di edifici e infrastrutture ma rientra nell'ambito più ampio dell'assetto insediativo che tende a definire.

Fig. 210. Stazione sottomarina dove possono vivere e lavorare 5 scienziati (profondità massima 2000 m).

Ritornando all'edilizia subacquea si può rilevare che i problemi per la vita dell'uomo nelle profondità marine sono, oltre che di ordine tecnico, soprattutto di ordine fisiologico e psicologico. Gli studi in tal senso sono agli inizi, specie per quanto concerne l'effetto della pressione statica e dinamica. In attesa di risolvere il problema della respirazione dell'uomo sotto l'acqua (è allo studio la possibilità di respirare mediante una soluzione liquida e si prospetta di fornire l'uomo di «branchie artificiali»), si mettono a punto tecniche avanzate per l'immersione profonda (un reale passo avanti si è fatto dal 1965 con le prime immersioni all'elio) dagli scafandri alle torrette di immersione sur-pressurizzate, alla «casa immersa» (non oltre la profondità di 100 m), alle «casesubacquee». Queste ultime, che maggiormente interessano in questa sede, hanno dato luogo ad un certo numero di esperienze: «Precontinent» I, II, III in Francia; «Man in the sea», «Sealab», «Tektite» negli U.S.A. (vedi figg. 211 e 212); «Sublimus» in Canada; «Halgoland» in Germania; «Techernomor» in U.R.S.S.

Fig. 211. Il laboratorio sottomarino Sealab III (U. S. Navy-programma « l'uomo nel mare ») per 9 persone.

Per quanto concerne la promozione di una maggiore conoscenza del mare, di una maggiore «confidenza» da parte dell'uomo, hanno attualmente un ruolo importante i «parchi marini» istituiti in più Paesi, come gli U.S.A. e il Giappone, sia al fine di salvaguardare l'ambiente naturale marino e costituire riserve biologiche, sia a fini turistico-educativi.

Il « parco turistico marino» dovrebbe rappresenta-

Fig. 212. Tektite I laboratorio sottomarino per 4 persone.

re con i suoi acquari, i musei del mare, le vasche per delfini e la *torre di osservazione sottomarina* un tramite, sia a livello culturale sia a livello di spazio costruito, tra l'ambiente terrestre e il mare (vedi fig. 213); purtroppo le iniziative prese, anche se sotto il profilo promozionale possono considerarsi positive, hanno in genere colto più l'aspetto esteriore dell'operazione a livello turistico di massa odi curiosità fieristica, con il risultato non solo di dar luogo ad un'architettura «pacchiana», ma soprattutto di deturpare il paesaggio litoraneo e subacqueo.

Le torri di osservazione subacquea sono in genere delle costruzioni realizzate con criteri «terrestri», cioè risultano solidamente ancorate con fondazioni e supporti rigidi al fondo del mare, distruggendo così il paesaggio marino che dovrebbero consentire di esplorare; si dovrebbe tendere a realizzare punti di osservazione subacquei i quali, anziché avere un impianto costruttivo che si oppone alle sollecitazioni dovute all'azione dinamica del mare, si adattino con flessibilità a questa azione, adottando, ad esempio, organismi galleggianti in superficie, semisommersi o interamente subacquei (vedi figg. 214 - 215 e Tavv. 164- 165).

Per un effettivo insediamento dell'uomo nello «spazio marino» si è ancora al livello di prospezioni; le più interessanti sono quelle che non si esauriscono in immagini più o meno suggestive per enunciare «forme» di una futura «architettura subacquea», che potrà essere determinata soltanto nel momento in cui razione-progetto sarà legata ad una reale e «conosciuta» contestualità ambientale e operativa. Un certo significato ha la proposta degli architetti Jacques ed Edith Rougerie e dell'ingegnere Hirou in quanto tende ad affrontare il problema secondo una metodologia progettuale che tiene conto della globalità dei fattori da considerare per giungere ad una gestione controllata dell'ambiente marino.

La linea programmatica di intervento si articola in due fasi operative:

— una prima fase finalizzata all'inventario, il più possibile esaustivo, delle risorse attuali e potenziali del mare da cui l'uomo è in grado di trarre un beneficio immediato o nel futuro, ad una conoscenza effettiva e coordinata dell'ambiente marino, e a prospezioni preliminari di intervento; questa fase dovrà essere svolta attraverso gruppi di studio interdisciplinari ed internazionali (al fine di promuovere una regolamentazione che superi gli interessi delle singole nazioni) composti

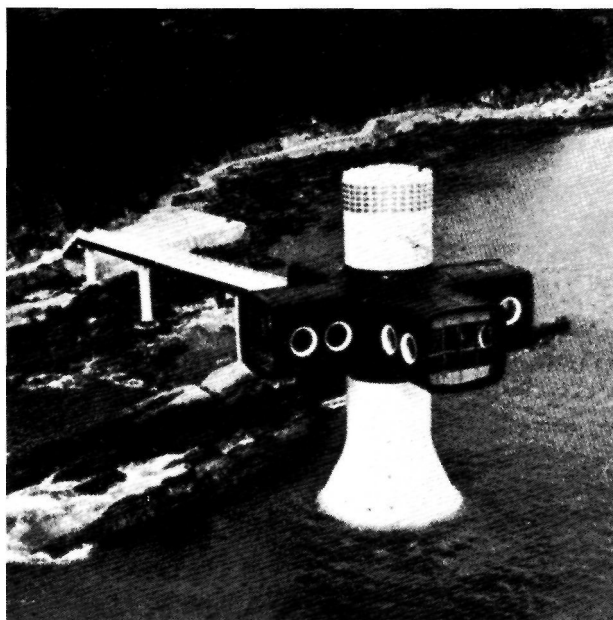



Fig. 213. Osservatorio subacqueo a Shikoku (Giappone) per studi e ricerche oceanografiche.

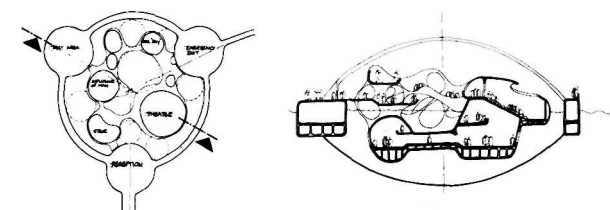
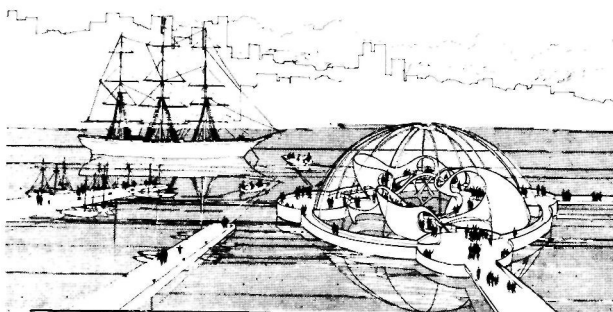



Fig. 214. Padiglione di esposizione nella Baia di S. Francisco (progg. T. e E. Rougerie, J. Hirou).

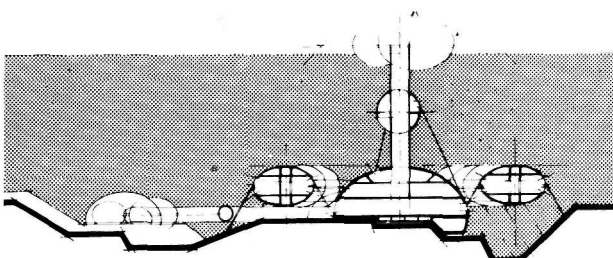



Fig. 215. Museo del mare nella Baia di Héeres (progg. J. e E. Rougerie, J. Hirou).

da esperti di ecologia marina, oceanografia, acquicoltori, sistemisti, fisici, biogeografi, geologi, metereologhi, ingegneri, architetti, economisti, ecc.;
— una seconda fase destinata a ricerche sperimentali e applicate in precise localizzazioni, condotte da gruppi di specialisti; le localizzazioni, in base a specifiche condizioni biogeografiche ed energetiche, dovranno interessare settori in prossimità delle coste o comunque poco profondi (fino a 50 m), settori sulle piattaforme continentali (da 50 a 200 m di profondità), settori ad elevata profondità (da 200 a 3000 m), infine i settori degli abissi (da 3000 a 11000 m);
— una fase operativa che prevede la creazione di *centri oceanografici mobili*, da predisporre in superficie, per costituire collegamento con i *centri fissi sottomarini,* aggregati a villaggi marini, differenziati a seconda delle risorse del mare che si intendono utilizzare (vedi fig. 216).

In questa linea programmatica sono state ipotizzate quattro soluzioni finalizzate essenzialmente per l'acquicoltura.

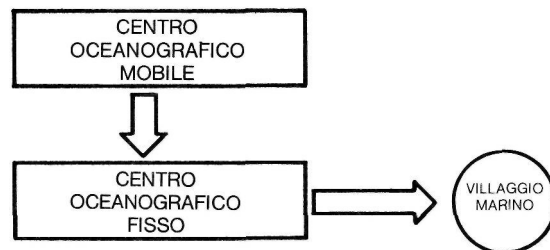
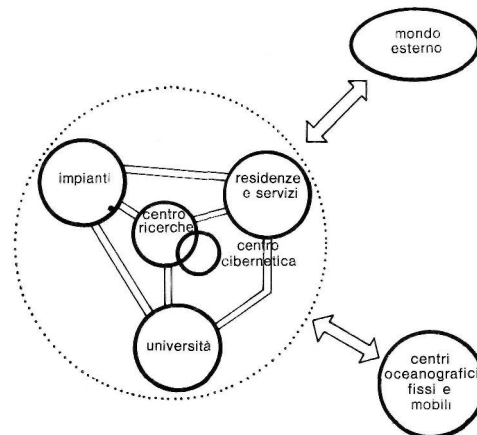
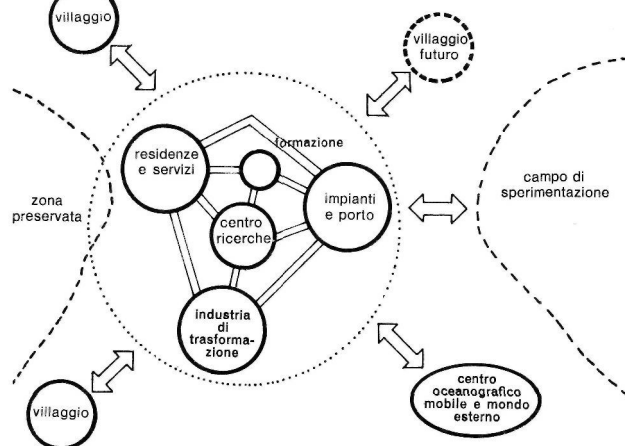
La prima è terrestre e utilizza le condizioni offerte dagli atolli: l'insediamento e gli impianti si ripartiscono sull'anello emergente intorno alla laguna interna (vedi fig. 217 a).

La seconda soluzione è mista: le costruzioni sono sulla superficie del mare e collegate sul fondo (profondità di 10 m) sia direttamente sia per mezzo di palafitte (vedi fig. 217 b).

La terza soluzione prevede (per profondità di 50 m e oltre) un insediamento galleggiante e soltanto installazioni subacquee specializzate (ad esempio fattorie sottomarine) (vedi fig. 217 e).

La quarta soluzione prospetta un insediamento interamente subacqueo, salvo le necessarie installazioni di superficie per i collegamenti, come il porto e le attrezzature d'accesso (vedi fig. 217 d).

Su questi presupposti l'equipe francese propone la creazione di Thalassopolis: un insediamento per l'acquicoltura da ubicare nel mare di Banda (mare indocinese) formato da quindici villaggi su palafitte (configurati sulla base dei tradizionali aggregati palafitticoli locali per meglio integrare la popolazione con l'ambiente marino) di 3000 abitanti ciascuno, organizzati in cinque « unità di vicinato »; ciascuna unità di vicinato, formata da tre villaggi, è destinata ad una specifica attività ed è collegata con le relative colture subacquee (vedi Tav. 166).

I progettisti fanno riferimento anche ad una gestio-

ORGANIGRAMMA DI UN CENTRO OCEANOGRAFICO MOBILE

ORGANIGRAMMA DI UN CENTRO OCEANOGRAFICO FISSO

SCHEMA DISTRIBUTIVO

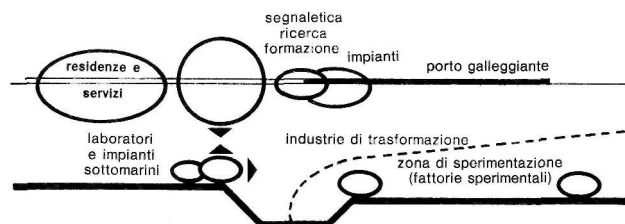



Fig. 216. Organizzazione di centri oceanografici secondo J. e E. Rougerie e J. Hirou.

ne comunitaria, non soltanto come scelta ideologica, ma anche perché la vita nell'ambiente marino non può basarsi sull'individualismo e necessita per la stessa sopravvivenza dell'uomo di una partecipazione collettiva.

Viene anche prospettata una Thalassopolis Ii: insediamento che si incentra su di una « università del mare» ed una «banca-dati del mare», che è del tipo «galleggiante» (vedi fig. 219). Dallo stesso gruppo è stato progettato tra l'altro un centro subacqueo per grandi profondità.

Tutti esempi particolarmente interessanti in quanto in essi si ravvisa che la progettazione tende ad individuare forme conseguenti ad una ricerca legata all'ambiente marino e tecnicamente fattibili, anche se non del tutto esenti da una suggestione «avveniristica».

In ogni modo le esperienze progettuali dei Rougerie e di Hirou, di cui alcune in fase esecutiva o comunque in grado di essere oggi realizzabili, e di altri ricercatori hanno permesso di porre maggiormente a fuoco alcuni fondamentali problemi connessi alla costruzione di organismi edilizi subacquei. In particolare per profondità fino a 50 m le forme più appropriate per resistere alle sollecitazioni dovute alia pressione sono quelle tendenti al globale, escludendo quindi le forme scatolari e comunque con spigoli, mentre per profondità superiori si dovranno usare esclusivamente forme cilindriche o sferiche.

Per quanto concerne l'effetto derivante dalla «spinta di Archimede», anziché creare costruzioni molto pesanti con relative fondazioni, è preferibile ricorrere all'uso di tenditori, in modo da conferire una maggiore flessibilità di comportamento all'insieme; infine in caso di organismi galleggianti è opportuno adottare gli stessi schemi costruttivi usati per le piattaforme di estrazione del petrolio, di cui si è detto in precedenza, per far fronte alle sollecitazioni dovute all'azione dei flutti. Per quanto riguarda i materiali utilizzabili, attualmente i più diffusi sono l'acciaio, le leghe metalliche, il titanio e l'alluminio; si prevede anche l'impiego del calcestruzzo armato e del ferrocemento. Ricerche in corso sono rivolte all'impiego delle materie plastiche, specie in relazione al problema della corrosione nell'ambiente marino.

Si può concludere che lo sviluppo di un'edilizia «nel mare» o «subacquea» è possibile, e che oggi siamo soltanto agli inizi di una ricerca che potrà dare risultati anche in un domani abbastanza vicino. In

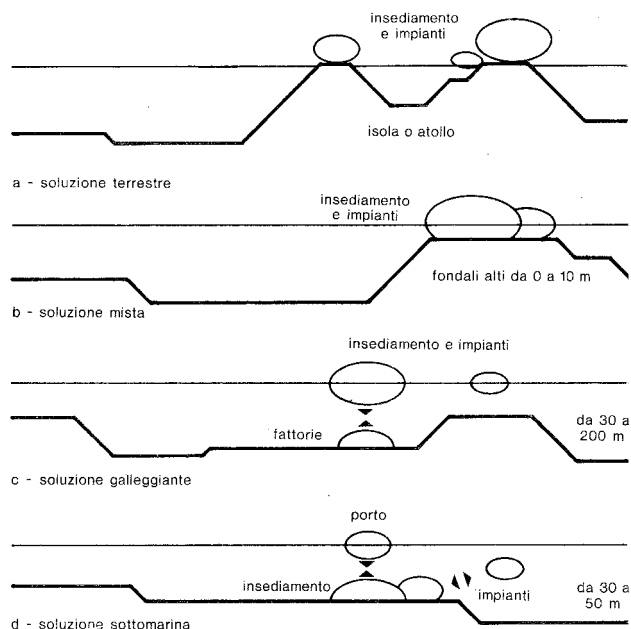



Fig. 217.

Fig. 218. Villaggio sottomarino (progg. J. e E. Rougerie, J. Hirou).

ogni modo occorrerà operare soprattutto per giungere ad un equilibrato assetto del nuovo «spazio» da conquistare e per comprendere le modificazioni che l'ambiente del mare determinano sul comportamento umano; in particolare si dovrà perseguire la salvaguardia della fauna e della flora marina e promuovere una loro utilizzazione controllata per aumentare la produzione alimentare mondiale ed evitare uno sfruttamento «selvaggio» delle altre risorse che il mare offre (energetiche, petrolifere, ecc.).

In ogni caso un tale atteggiamento nei confronti dell'ambiente sottomarino può avere immediatamente un positivo effetto di controllo sulla tendenza attuale ad una *espansione edilizia sul mare,* argomento del prossimo paragrafo.

Fig. 219. Progetto per l'Università del mare (progg. J. e E. Rougerie, J. Hirou).

Fig. 220. Villaggio palafitticolo di una comunità asiatica.

L'espansione edilizia sul mare

Il desiderio di conquista del mare deriva da un bisogno innato nell'uomo di espandersi. Oggi il problema della sopravvivenza dell'uomo sulla terra è ad un passo dal divenire cruciale: il desiderio di espansione sul mare diviene quindi una necessità per obiettive ragioni di ordine demografico, alimentare ed ecologico.

Si è già detto dell'utilizzazione delle risorse del mare e quali implicazioni a livello edilizio essa comporta, si affronta ora l'argomento dell'utilizzazione della superficie del mare per realizzare grandiose opere infrastrutturali di servizio e per consentire l'espansione delle grandi agglomerazioni urbane litoranee.

L'argomento riveste un particolare interesse perché riguarda un'attività edilizia in atto o comunque oggi pienamente fattibile. Infatti è già in uso la dizione « urbanizzazione del mare » e l'udirla mette sgomento in chi ricorda cosa è avvenuto dell'equilibrio città-campagna in nome dell'urbanizzazione: si immagina immediatamente una «lottizzazione del mare» per soddisfare la sete di aree e di speculazione delle città litoranee sovrappopolate, le quali avranno così, oltre ai quartieri dormitorio «terrestri», anche quelli « marini».

Ogni proposta per l'utilizzazione della superficie del mare è conseguente al dover far fronte in modo del tutto contingente a problemi di migrazione verso

le zone costiere e a esigenze sempre crescenti dei volumi di traffico portuali e aereoportuali; per tale ragione nella maggioranza dei casi le soluzioni prospettate non consentono una integrazione «naturale» con l'ambiente marino del «costruito sul mare», che oltretutto non si pone in relazione organica con « il costruito terrestre».

Città sul mare.

L'insediamento umano sul mare (e in zone lacustri) non rappresenta certo una novità; innumerevoli sono gli esempi: dai villaggi palafitticoli della preistoria agli attuali villaggi marini (e lacustri) dell'Asia; da Venezia a Stoccolma.

Gli esempi del passato mostrano che l'uomo ha scelto come spazio abitativo il mare (o le zone lacustri) per ragioni esistenziali che lo legavano direttamente all'ambiente: l'alimentazione attraverso la pesca, la difesa, il commercio.

Tali esigenze di vita hanno condotto ad insediamenti che hanno tratto dall'ambiente marino (o lacustre) i loro caratteri peculiari, dando luogo a comunità con connotazioni culturali e socio-economiche precise e distinte da quelle degli insediamenti tipicamente terrestri.

Analizzando, anche superficialmente, una qualsiasi comunità primitiva con la sua organizzazione elementare o la città di Venezia con la sua secolare «storia» marinara si può facilmente rilevare come la loro configurazione insediativa sia conseguente ad una lenta simbiosi con l'ambiente contestuale originario, le cui trasformazioni nel tempo hanno condotto ad una struttura organica e compiuta che, senza respingerlo, è autonoma dall'ambiente terrestre.

Al contrario la struttura di una città litoranea, ad esempio disposta su di un golfo, è pur sempre terrestre ed è quindi profondamente diversa da una città «sul mare». Per questa ragione sono inammissibili proposte per una integrazione «terrestre», ad esempio materializzata con colmate delle zone d'acque interposte alla terraferma, di città come Venezia; altrettanto insensata è una espansione incontrollata e disorganica sulla superficie del mare di città litoranee.

Purtroppo questo è avvenuto e può avvenire in tempi brevi; molto spesso l'espansione sul mare è stata avallata da autorevoli firme di architetti, che hanno trapiantato una «architettura terrestre» senza

Fig. 221.

Vedute di Venezia.

Fig. 222.

trarre nessuna specificità dall'ambiente che si andava ad invadere oppure hanno puntato su di una «originalità» di forme suggerita più da una suggestione superficiale che da una comprensione reale dei fattori qualificanti il contesto marino o lacustre.

Attualmente i progetti per un'espansione sull'acqua di città litoranee si basano su tre principi: *espansione per colmata; isole artificiali; organismi galleggianti.*

a) *Espansione per colmata.*

Costituisce la soluzione più elementare e tradizionale: assorbire le zone d'acqua contigue alla terraferma. Consiste n eli 'effettuare una colmata artificiale innalzando il livello del terreno al di sopra della superficie del mare o della zona lacustre mediante materiali terrosi o sassosi, nonché mediante materiali artificiali. Desta le maggiori preoccupazioni considerato che è un'azione puramente «riempitiva» di zone d'acqua da «fornire» alla città e, in quanto tale, facilmente assoggettabile a un disegno speculativo o comunque disorganico dal punto di vista urbanistico, anche se non mancano progetti formalmente significativi come quello per la città di New York di F.L. Wright (vedi fig. 223).

b) *Isole artificiali.*

Rappresentano una evoluzione dei primi villaggi palafitticoli con applicazione su scala urbana di tecniche avanzate mutuate sia dalle costruzioni di grandi infrastrutture per i trasporti sia dai modi di realizzazione di piattaforme fisse per l'estrazione del petrolio, di cui si è detto.

Molteplici sono gli esempi di piani urbani che contemplano soluzioni di espansione sull'acqua mediante la creazione di isole artificiali; ovviamente le più interessanti sono quelle che prospettano un «tessuto» che tende a porre in relazione organica, anche se contrapposti a livello di immagine, lo «spazio costruito terrestre» preesistente con quello nuovo sul mare. In questo senso ha particolare significato il piano di espansione di Tokio del 1959 dell'archi. Kenzo Tange (vedi figg. 225 - 226).

Altri progetti si concretizzano in isole artificiali che si configurano come immagini autonome, geometricamente definite (forme ad anello o lineari), emergenti dal mare, collegate o meno con viadotti alla terraferma, (vedi fig. 228 e Tav. 167). Infine si prospettano anche soluzioni di città a sviluppo lineare su trama

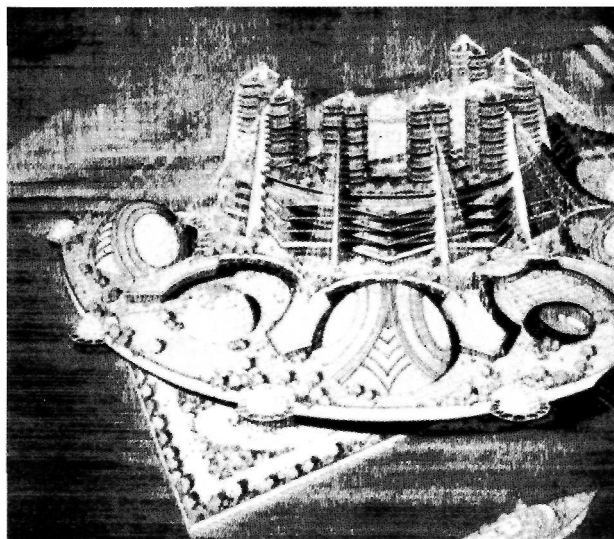
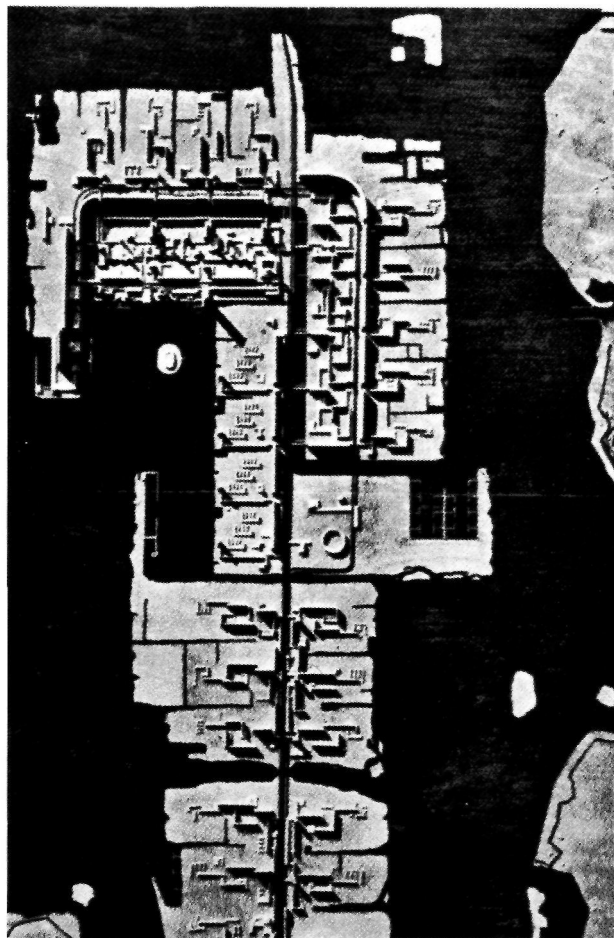



Fig. 223. Progetto per residenze a New York di F. L. Wright.

Fig. 224. Amsterdam-Est (progetto Bakema Van den Brock).

«cellulare» come la città anfibia progettata dagli architetti Verdeaux - La Croix (vedi Tav. 168 i).

c) *Organismi galleggianti.*

Rappresentano la soluzione più rivoluzionaria, tecnologicamente più avanzata, e riguardano sia progetti di complessi edilizi con destinazioni particolari sia progetti di unità residenziali e di città.

Significativi sono il centro culturale galleggiante dell'architetto Walter Jonas (1962) e quello degli arch. Schwartz, Guntmann e Gloor per il lago di Zurigo, Seatel d'Atene (1970) e l'hotel al Cairo di J. Dahinden, la città galleggiante a Monaco di Paul Maymont (1966), l'«Ile de Loisir» a Monaco di E.Albert, l'Urban Matrix di Stanley Tigerman (1968), Triton City di B. Fùller, Acquapolis di Kiyonori Kikutake (1975), la città galleggiante per l'esposizione del 1976 alle Hawai di John Crawen, Hugh Burgess e Kiyonori Kikutake (vedi Tavv. 164 - 165 - 168 - 169 - 170).

Per la realizzazione di questi organismi edilizi si fa ricorso alle tecniche usate sia per le piattaforme galleggianti di estrazione del petrolio, di cui si è detto in precedenza, sia per i porti e gli aereoporti galleggianti, di cui si dirà in seguito. Dall'esame dei progetti menzionati si possono individuare diverse intenzionalità nel configurare l'oggetto edilizio galleggiante: la prima che si limita a disporre un edificio tipicamente «terrestre » su pontoni galleggianti, come è il caso del Centro culturale sul lago di Zurigo, che si ispira in grande alle attrezzature galleggianti per i circoli dei vogatori sui fiumi e che certamente non apre vie nuove per una ricerca formale legata all'ambiente acquatico; la seconda che tende ad una forma globale dell'insieme visto come una grande boa al cui interno si svolgono le attività, come nel Seatel d'Atene o nel centro culturale di W. Jonas, con il risultato di porre in risalto la condizione di oggetto sul mare, di «galleggiante», più che di oggetto in qualche modo integrato con il mare; la terza, che organizza lo spazio abitabile ad anello e, pur adottando una forma «chiusa» verso l'esterno, si integra all'interno con una porzione di mare, tipico l'esempio della « città galleggiante » a Monaco di Paul Maymont; la quarta che, legando strettamente l'immagine al procedimento costruttivo, dà luogo ad una piattaforma galleggiante abitabile, cioè ad una forma pregna di attributi tecnologici, conseguente ad una maggiore aderenza alle attuali possibilità di realizzazione come è il caso di Acquapolis di Kikutake; la quinta, la più propositiva ed interes-

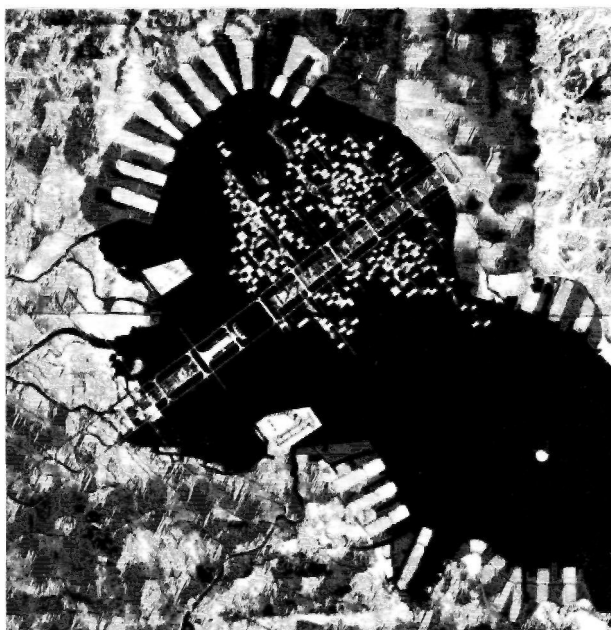
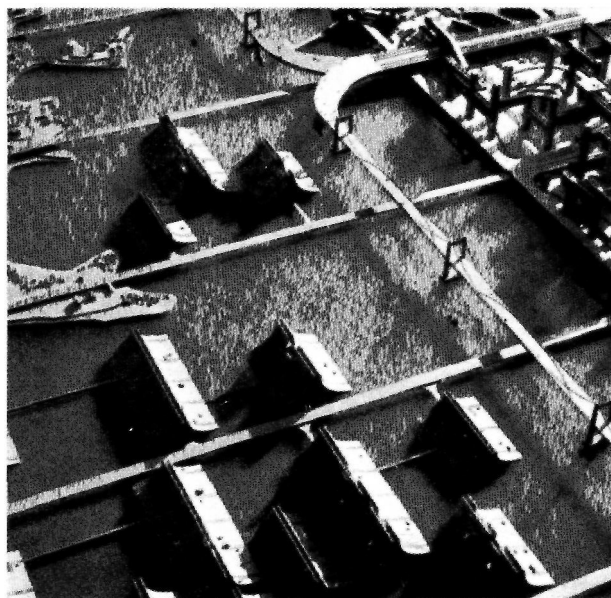



Fig. 225.

Fig. 226.

Figg. 225-226. Espansione sul mare di Tokyo secondo il piano di K. Tange (1959).

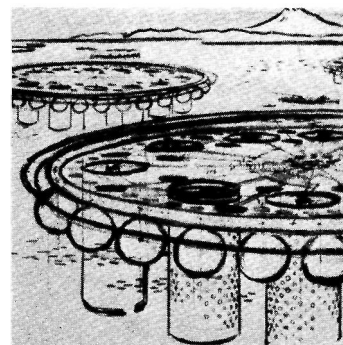



Fig. 227. Città «galleggiante » progettata da K. Kikutake (1959).

sante, determina la struttura urbana attraverso un piano funzionale a monte che integrando, in base ad una precisa ipotesi di attività, il « costruito » con il mare dà luogo a forme più libere, più aperte, in ultima analisi più organiche, come nel progetto per le Hawai di Craven, Burgess e Kikutake.

In ogni caso ancora non si è giunti' specie per i complessi più grandi, a risolvere tutti i problemi tecnici ed economici per una loro realizzazione; indicazioni in tal senso si possono avere esaminando quanto è stato fatto per le grandi opere infrastrutturali per i trasporti, come i porti d'alto mare e gli aeroporti sul mare.

I porti e gli aeroporti sul mare.

Sta per iniziare la seconda generazione dei porti e degli aeroporti (la prima è quella nota dei porti costieri e degli aeroporti «terrestri »), cioè le grandi infrastrutture sul mare destinate a soddisfare al sempre crescente sviluppo dei trasporti marittimi ed aerei. Le installazioni portuali in alto mare si rendono ormai indispensabili sia per diminuire i costi unitari di costruzione e di gestione sia per le dimensioni sempre crescenti, gigantesche, delle navi da carico (vedi fig. 229).

Gli aeroporti sul mare saranno presto una realtà in quanto le previsioni per il 2000 sull'aumento del traffico passeggeri e merci nelle grandi aree metropolitane sono tali da richiedere in futuro superf ici dell'ordine delle decine di migliaia di ettari (attualmente le norme per gli aeroporti internazionali contemplano un fabbisogno dell'ordine di 3000 ettari); difficilmente saranno reperibili aree libere di tali dimensioni in prossimità dei grandi centri urbani, e tanto meno sarà conveniente sottrarre in tal misura aree utilizzate per scopi agricoli, quindi fin da ora si ipotizzano grandi infrastrutture aeroportuali dislocate sul mare, con il vantaggio di non provocare l'inquinamento dell'aria sulle aree urbane, di evitare il disturbo derivante dal «bangs» degli aerei supersonici e di garantire una maggiore sicurezza di navigazione specie in fase di atterraggio.

La realizzazione sia dei porti di alto mare sia degli aeroporti sul mare richiede preliminarmente la costruzione di una piattaforma artificiale di dimensioni tali da consentire l'installazione di quanto necessario

Fig. 228. Città satellite sul mare del Principato di Monaco, arch. Manfredi G. Nicoletti (1961).

Fig. 229. Nave cisterna giapponese di grande tonnellaggio (477.000 tonn di stazza).

allo svolgimento di tutte le attività. Le tecniche previste sono le seguenti: *creazione di isole artificiali mediante colmata; piattaforme su piloni; piattaforme galleggianti.*

La prima tecnica è del tutto analoga a quella adottata per la realizzazione dei porti tradizionali costieri e per l'ampliamento di aeroporti dislocati in prossimità del mare o di zone lacustri (ad esempio il progetto Zapata per il porto nella Baia di Delaware; il progetto di aeroporti per New York, San Francisco e altre città degli USA; il progetto di fig. 230 e «Port Island» a Kobe fig. 231), pertanto non costituisce elemento di novità, salvo che per le dimensioni dell'intervento.

Le altre due tecniche invece si prospettano come più rivoluzionarie e quindi destano un maggiore interesse, anche perché, come si è detto, sono adottabili per la realizzazione delle «città sul mare».

a) *Piattaforme portuali e aeroportuali su piloni.*

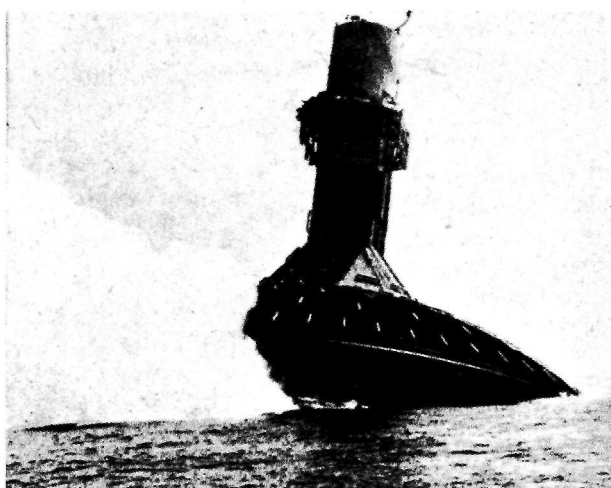
La costruzione della piattaforma viene prevista, secondo una tecnica già usata dagli americani per porti e per aeroporti di normali dimensioni sia nel Vietnam che negli USA, realizzando a terra le parti sia della piattaforma sia dei piloni, che una volta trasportate in alto mare vengono assemblate sul posto. All'interno della piattaforma vengono ricavati spazi di immagazzinaggio, di servizio, e anche zone per la residenza del personale. I piloni debbono quindi sopportare carichi eccezionali e trasmetterli, con l'aggiunta del peso proprio, sul fondale marino; ciò comporta dei limiti all'utilizzazione di questa tecnica sia sul piano strettamente costruttivo sia per quanto concerne la conoscenza delle qualità del fondo marino.

A titolo esemplificativo, per rendersi conto della mole di queste infrastrutture, si descrivono brevemente le caratteristiche del progetto per l'aeroporto sul mare di Los Angeles.

L'infrastruttura aeroportuale è formata da una piattaforma a cassone, lunga 8.000 m, larga 4.000 m e alta 20 m, che è sostenuta a circa 30 m al di sopra del livello del mare da piloni cilindrici alti 120 m e con un diametro di 15 m (il fondale marino è a circa - 80 m). L'involucro dei piloni, realizzato a terra mediante l'assemblaggio di elementi prefabbricati in e.a. precompresso, chiuso ermeticamente, viene rimorchiato sul luogo per esservi immerso verticalmente mediante progressivo riempimento con acqua di mare, poi infisso nel fondo marino e quindi riempito di calcestruzzo.

Fig. 230. Isola artificiale per colmata progettata dalla Bos Kalis Westminster Dredging Group.

Fig. 231. La grande isola artificiale per colmata «Port Island», realizzata a Kobe in Giappone (1975).

Fig. 232. Serbatoio sottomarino per porto «off-shore» nel Dubai (Golfo Persico).

La piattaforma a cassone ha un'altezza tale da poter essere suddivisa in più livelli e da contenere al suo interno i servizi commerciali, amministrativi e tecnici; sulla piattaforma sono ovviamente installate le zone di imbarco, le piste, i parcheggi degli aerei e gli hangars, qualora questi non possano essere previsti al suo interno.

In ogni modo per gli aeroporti la piattaforma deve essere sollevata al di sopra del livello del mare di un'altezza tale che costituisca «franco per l'onda più alta».

b) *Piattaforme portuali e aeroportuali galleggianti.*

Le piattaforme portuali vengono formate da un insieme di elementi galleggianti costruiti a terra, rimorchiati in alto mare e assemblati sul posto.

Gli elementi della piattaforma, essendo cavi, intercomunicanti e di notevoli dimensioni possono essere utilizzati al loro interno per l'immagazzinaggio, per contenere servizi e residenze per il personale, per consentire la circolazione di fluidi, di materie prime, di veicoli, ecc.

L'infrastruttura portuale può essere realizzata mediante due procedimenti costruttivi: 1 - porto ad elementi galleggianti, 2 - porto ad elementi galleggianti zavorrati.

1) Il porto è un insieme di elementi galleggianti sulla superficie dell'acqua mantenuto in posizione fissa o mediante un sistema di ancoraggio o per autoposizionamento dinamico.

Porti galleggianti a forma di U, capaci di ricevere due petroliere giganti, sono in corso di studio in Norvegia (progetto Larsen-Selvay del gruppo Norcem) e negli USA (progetto Dicherhoff e Widmann).

Il progetto norvegese utilizza per l'ancoraggio una torre fissa intorno alla quale la darsena può ruotare; il progetto americano prevede l'autoposizionamento dinamico mediante un gruppo di quattordici motori, ciascuno di 3000 CV.

Accoppiando più darsene a U si possono realizzare porti della superficie di circa 100 ettari e capaci di assorbire circa 200 milioni di tonnellate di merci all'anno (vedi fig. 235).

2) Il porto è galleggiante ma zavorrato in modo da giacere sul fondo marino, come ad esempio il complesso di immagazzinaggio di Ekofisk sul mare del Nord con la superficie di circa un ettaro e altezza di 100 m (vediTavv. 172-173).

Rientrano in questa categoria i porti off-shore

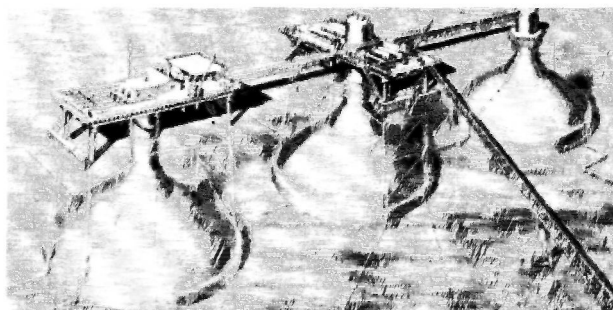



Fig. 233. Progetto di porto petrolifero «off-shore» nel Dubai (Golfo Persico).

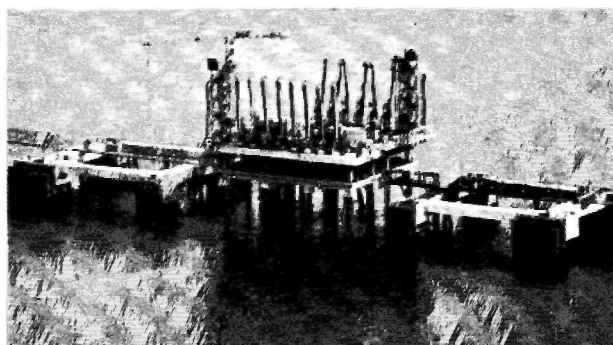
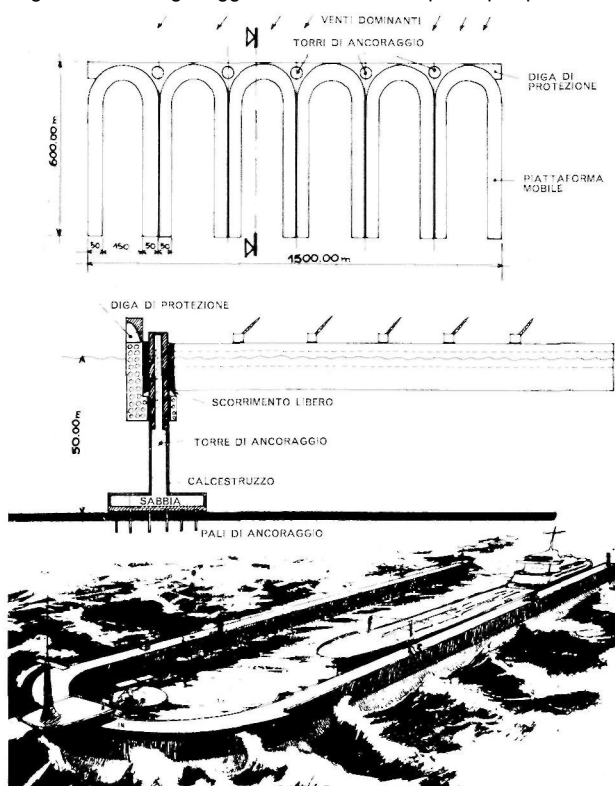



Fig. 234. Attrezzatura portuale «off-shore» su piloni.

Fig. 235. Porto galleggiante « off-shore » per super-petroliere.

formati da serbatoi in acciaio sottomarini a bottiglia (vedi figg. 232 - 233 e Tav. 171).

Con questa tecnica gli elementi galleggianti accoppiabili hanno un'altezza che supera di circa 12 m la profondità del fondo marino e possono essere realizzati in un solo pezzo in altezza o a trance da sovrapporre in alto mare. Le modalità costruttive sono ormai acquisite anche per opere di dimensioni fuori del comune, utilizzando il c.a. precompresso e calcestruzzi con qualità tali da garantire la resistenza all'azione del mare.

In genere i porti galleggianti necessitano di un personale ridotto in quanto fortemente automatizzati; le infrastrutture di maggiori dimensioni si renderanno necessarie nel momento in cui si produrranno navi da carico di un milione di tonnellate.

Gli aeroporti «galleggianti» non costituiscono una novità se si considera che già nel 1922 l'ingegnere americano Armstrong ha progettato una pista (lunga 400 m e larga 135 m) a 25 m sopra il livello del mare sostenuta da galleggianti cilindrici (2); dopo il 1960 sono stati prodotti numerosi progetti per infrastrutture aeroportuali galleggianti sempre più grandi in Giappone, Inghilterra e USA, che si basano su principi costruttivi simili.

Caratteristica fondamentale è la costruzione a terra di pontoni elementari accoppiabili (con possibilità di effettuare una prima fase di assemblaggio) che, trasportati in alto mare per galleggiamento, vengono uniti, con semplici operazioni di montaggio, a formare il complesso aeroportuale.

In genere un pontone elementare avrà una superficie di estradosso piana non superiore ad 1 ettaro e altezza variabile in funzione dei carichi statici e dinamici che deve sopportare, nonché del «franco al bordo» ai fini della protezione dalle onde marine. Due sono i sistemi costruttivi sinora ipotizzati per la realizzazione di infrastrutture aeroportuali galleggianti: i sistemi costruttivi «pellicolari»; i sistemi costruttivi «volumetrici».

a) *Sistemi costruttivi «pellicolari».*

Consistono in un insieme di pontoni elementari galleggianti, che coprono centinaia di ettari e la cui

(2) Fra le opere infrastruttura!i galleggianti occorre non dimenticare i ponti galleggianti dello Stato di Washington di cui il primo (1800 m di lunghezza) data al 1941.

Fig. 236. Uno dei primi progetti di aeroporto galleggiante (1935-39).

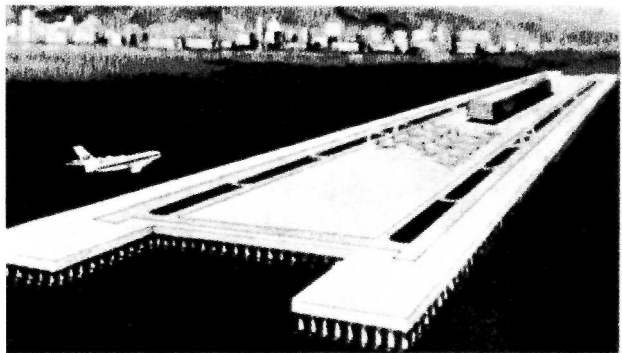



Fig. 237. Progetto di aeroporto sul mare a Itami in Giappone.

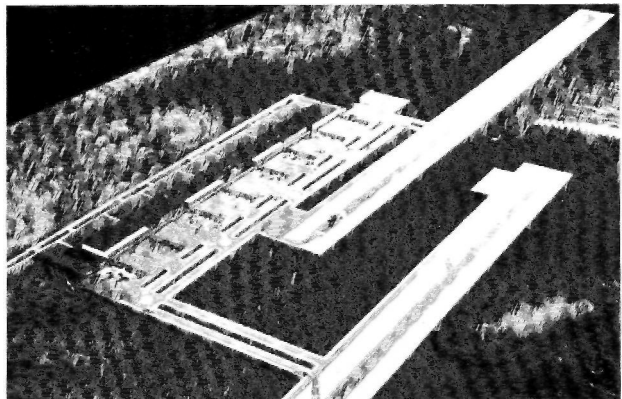



Fig. 238.

Progetto di aeroporto con piste galleggianti per Foulness sull'estuario del Tamigi.

Fig. 239.

altezza non dovrebbe essere superiore ai 2 m (carico max 1 t/mq) per realizzare soltanto le infrastrutture di base, cioè il «campo di aviazione», mentre tutte le altre attrezzature ed edifici sono dislocati a terra lungo il litorale (salvo l'aerostazione che può essere dislocata nei pressi di una grande città portuale o prossima alla costa).

In questo caso sussiste l'onere di gestione e funzionale del trasporto degli aerei dagli hangars, sulla terraferma, alle piste galleggianti, sul mare. Esempi che applicano il sistema « pellicolare » sono il progetto per l'aeroporto di Osaka e quello per l'aeroporto di Seattle. Questo tipo di infrastruttura richiede una protezione dalle onde mediante frangiflutti galleggianti.

Il progetto «Seadrome» del gruppo inglese «Harris e Sutherland» prevede l'impiego di pontoni elementari insommergibili (riempimento con polistirolo espanso) di 30 m di lato con altezza di 1,20 m e con un franco al bordo di circa 0,50 m; l'insieme dei pontoni elementari consente l'atterraggio di aerei fino a 5001 (vedi figg. 238 - 239).

b) *Sistemi costruttivi «volumetrici».*

L'infrastruttura aeroportuale è formata da pontoni a cassone di dimensioni tali da poter sopportare i carichi non solo delle piste e delle attrezzature per il volo, ma anche di tutti i servizi necessari alla vita dell'aeroporto, comprese le residenze del personale; questi servizi possono essere in edifici disposti sopra l'insieme dei pontoni o all'interno di questi, suddivisibili anche in più piani. Ad esempio l'aeroporto galleggiante previsto nella baia di Tokio è formato da un cilindro di 3 km di diametro (con franco al bordo di 10 m), all'interno del quale sono ricavati tre piani: il primo riservato alle attività amministrative e commerciali, il secondo ai passeggeri e alle merci, il terzo ai parcheggi. Vedi anche gli esempi di figg. 243 - 245. Per quanto concerne la protezione dalle onde più possenti si prevedono elementi frangiflutto, in genere del tipo a «parete perforata».

c) *Sistemi costruttivi «misti».*

In questo caso l'infrastruttura aeroportuale è realizzata adottando sia il sistema «pellicolare» (ad esempio per le piste) sia il sistema «volumetrico» (ad esempio per i servizi); in genere l'aeroporto galleggiante non comprende l'aerostazione che viene dislocata a terra in prossimità di un grade centro costiero.

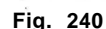



Fig. 240

Progetto di aeroporto galleggiante degli ingg. G. Traini e G. Zallocco: 2 piste di 4560 m x 300 m e zona terminale di 750 m x 1800 metri.

Fig. 241.

Si veda il progetto per un aeroporto galleggiante a New York degli archh. C. G. Gallichio e J. A. Dabrowski a Tav. 174,

Un problema per gli aeroporti galleggianti, analogo a quello già esaminato per i porti galleggianti, è il loro «posizionamento» in alto mare: se la profondità dell'acqua non supera i 30 m è possibile un « posizionamento statico» (mediante un sistema classico di ancoraggio o per ormeggio a pali infissi sul fondo marino), per profondità maggiori è necessario ricorrere al «posizionamento dinamico» (mediante, ad esempio, gruppi di motori marini ad eliche orientabili a comando coordinato).

In ogni modo se gli elementi galleggianti verranno realizzati in calcestruzzo, data la loro notevole inerzia, sarà semplificato il problema del posizionamento e della stabilità in alto mare. Altro problema connesso alla realizzazione degli aeroporti in alto mare (in genere devono essere ad una distanza non inferiore ai 12 km sia per incidere il meno possibile sul paesaggio costiero sia per evitare la polluzione e l'effetto nocivo dei rumori) è rappresentato dalla necessità di adeguati collegamenti a terra (comune con quello dei porti sul mare, ma più rilevante).
Si prevedono a tal fine: tunnels sottomarini galleggianti (3), pipe-lines giganti per contenere treni-monorotaia veloci a trazione elettrica, nonché nastri trasportatori, autostrade galleggianti o su viadotto, hover-crafts, elicotteri, ecc.

Infine vengono previsti porti galleggianti che accolgono anche attrezzature aeroportuali, in modo da ipotizzare un coordinamento tangibile tra i trasporti marittimi e quelli aerei.

Tuttavia, se al momento attuale sono note le tecniche per costruire queste nuove opere edilizie sia portuali che aeroportuali, manca ancora quel supporto a livello organizzativo, cantieristico e logistico necessario per realizzare, gestire e mantenere opere edilizie con proporzioni così gigantesche. Si prevede che entro alcune decine d'anni i porti e gli aeroporti sul mare costituiranno la base per l'avvio di una utilizzazione globale della superficie del mare allo scopo di riportare nelle zone «terrestri» quell'equilibrio «natu-

(3) A questo proposito si ricorda il progetto di A. Grant per lo stretto dì Messina (vedi fig. 242).

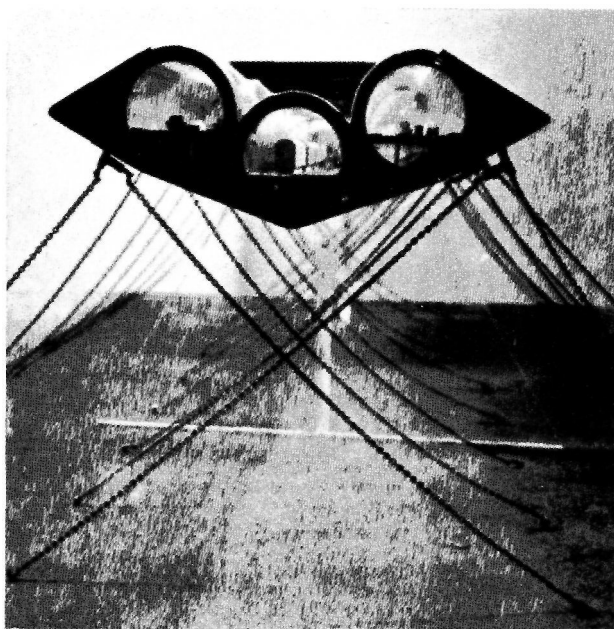
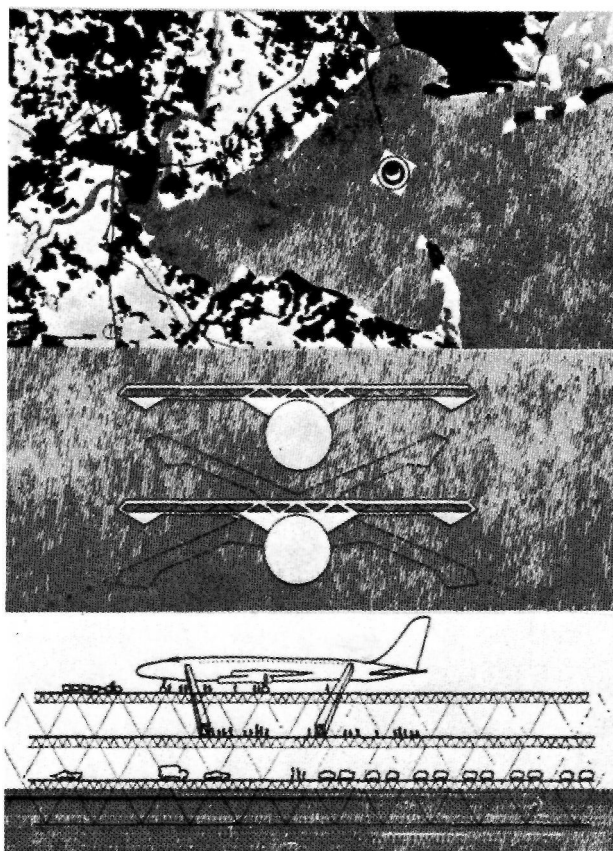



Fig. 242. Tunnel sommerso e galleggiante per lo stretto di Messina (prog. A. Grant e coli.).

Fig. 243. Aeroporto galleggiante in elementi tetraedrici prefabbricati in alluminio, con piste orientabili in base ai venti (prog. S. Tigermann).

rale» che vanno sempre più perdendo; si spera che ciò si avveri, ma al tempo stesso sorge spontaneo il domandarsi se una tale operazione, affrontata in modo incontrollato e superficiale, non porterà lo squilibrio «terrestre» anche sul mare.

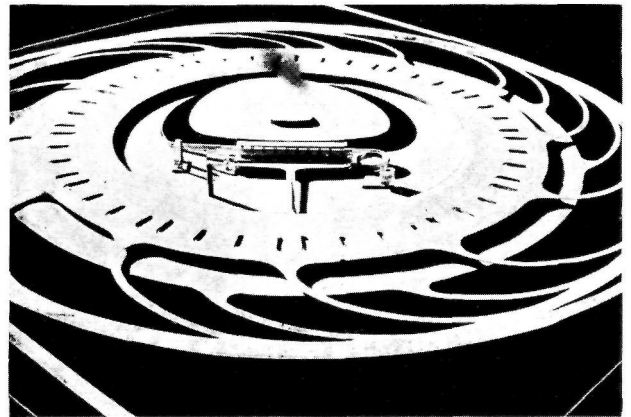



Fig. 244. Progetto per un aeroporto sul mare a New York degli archh. M. e D. Blanc.

a

S. FRANCISCO TOKYO LOS ANGELES NEW YORK

b

c

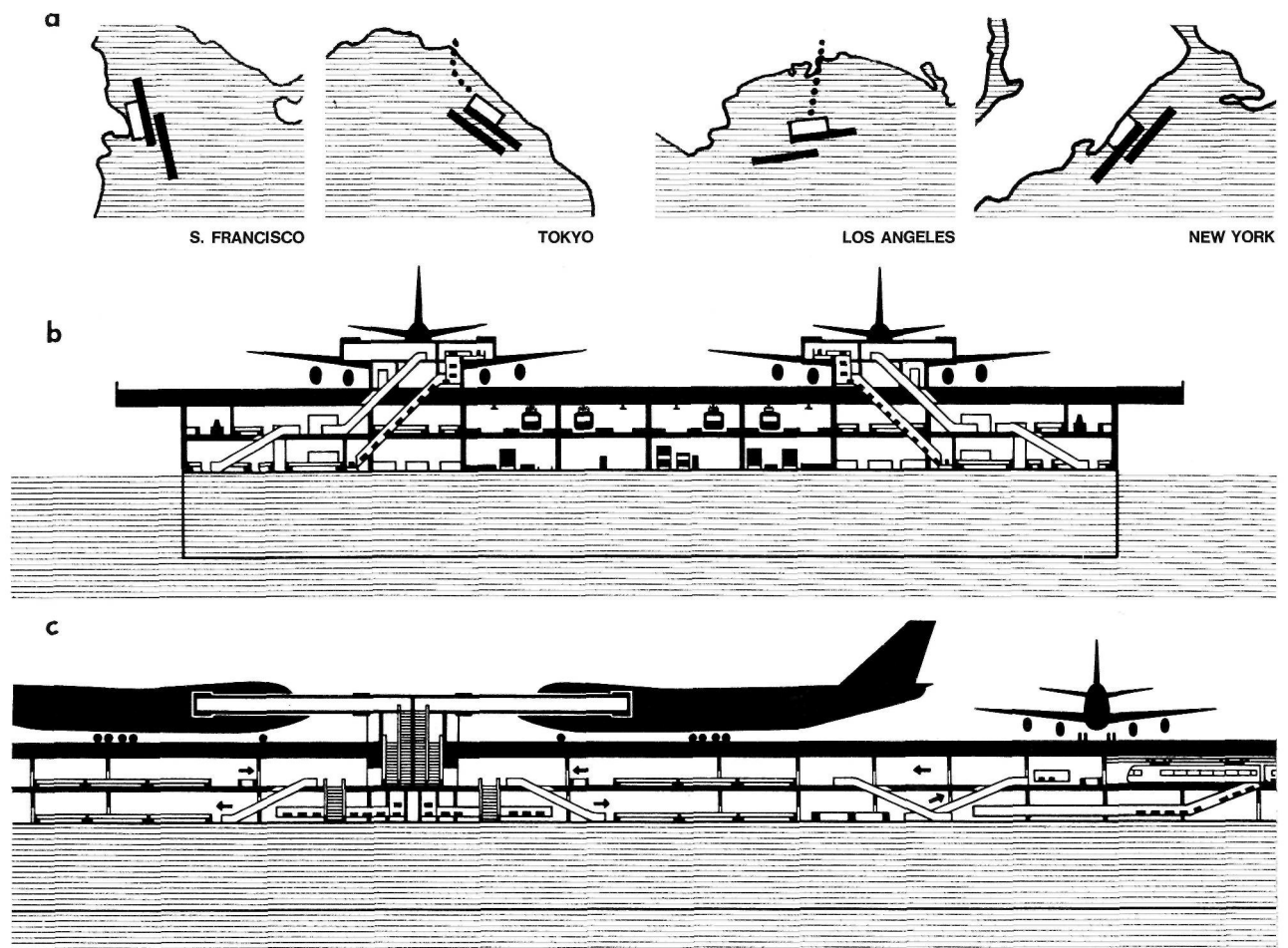



Fig. 245. a, progetti di aeroporti sul mare; b, c, rappresentazione schematica di un aeroporto galleggiante secondo l'Association Européenne Océanique (Principato di Monaco).

L'EDILIZIA DELLO SPAZIO

Dalla superficie e dalla profondità del mare passiamo ora agli spazi extraterrestri. La conquista della Luna da parte dell'uomo è ormai una realtà, i sondaggi interplanetari sono ormai consueti per la ricerca scientifica. Non vi è nulla di eccezionale se si ipotizza una edilizia «spaziale», che nel *modulo lunare* può già identificare il proprio capostipite se considerato, con una punta di humor, la mobil-house per un nuovo nomadismo. D'altra parte già numerose ricerche sono avviate per progettare insediamenti umani nello spazio, se non sulla Luna, localizzati tra la Terra e il suo satellite. Inutile dire che i problemi tecnici sia per rendere possibile la vita dell'uomo, sia per costruire «colonie spaziali» sono molto più lontani dall'esser risolti rispetto a quelli esaminati per l'edilizia sul mare. Tuttavia occorre considerare che molteplici sono i fattori che consentono fin d'ora di considerare fattibile un'edilizia spaziale «intermedia» (tra terra e luna).

In ogni modo è interessante notare che anche nel caso di progetti di edilizia spaziale si affronta sempre il problema dell'insediamento nel suo insieme, come struttura abitativa complessa, e non come semplice e meccanica sommatoria di moduli spaziali (gli edifici dello spazio) tecnologicamente fattibili.

Sulle possibilità di una *edilizia spaziale* si cita, oltre alla « città spaziale » per 4000 abitanti di Tav. 175 a, b, il programma della L-5 Society, promossa dal prof. Gerard O'Neill e alla quale partecipano l'Università di Princeton, l'Istituto di Tecnologia del Massachusetts, l'Istituto Americano di Aereonautica e Astronautica, la Società Americana per l'Educazione Tecnica, con finanziamenti N.A.S.A. e con la collaborazione anche di esperti stranieri, per la creazione di una *colonia spaziale* in grado di ospitare 10.000 abitanti. La zona prescelta per l'« insediamento spaziale», denominata Libration-5 (da cui il nome della società), è quella in cui la forza di gravità della Terra e quella della Luna sono in perfetto equilibrio tra loro (vedi Tavv. 176 - 177).

La colonia spaziale, in cui si dovrà determinare lo stato di gravità terrestre ed un ciclo giorno-notte della luce analoga a quello della Terra, è formata da due cilindri ruotanti intorno ad un asse con un periodo di 21 secondi; ciascuno ha un raggio di cento metri ed uno sviluppo di circa un chilometro.

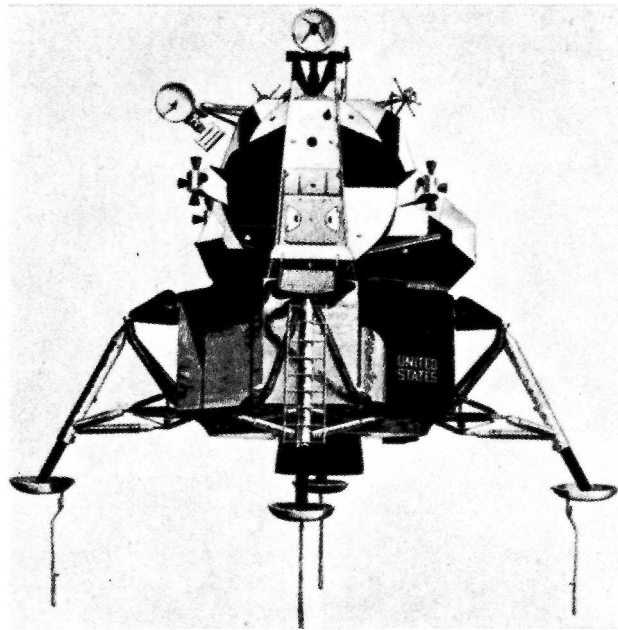



Fig. 246. Il modulo lunare Apollo.

Per provvedere al reperimento dei materiali per costruirla si dovrebbe ricorrere per circa il 90% del fabbisogno alle risorse offerte dalla Luna. Per il prelievo dei materiali sulla Luna è prevista l'installazione di una piccola *Colonia Lunare* di circa 200 persone.

Dalla Terra si invieranno soltanto quei materiali di cui non è possibile il reperimento sulla Luna e quelle attrezzature e macchine indispensabili per la lavorazione e l'esecuzione, nonché di parti prefabbricate. Per iniziare i lavori del *cantiere spaziale* verranno inviate dalla Terra ed inserite nella zona L-5 delle *navicelle* attorno alle quali sorgerà la colonia. Le navicelle, destinate ai tecnici ed alle maestranze specializzate, dovranno contenere, oltre agli ambienti per la vita del personale, i laboratori e le officine, nonché le attrezzature per la trasformazione dei materiali provenienti dalla Luna. Il numero di navicelle è previsto nell'ordine di circa 2.000 unità. Il personale delle navicelle provvedere anche alla costruzione dei cilindri, che sono provvisti nella parte terminale di una cupola emisferica in parte costituita da un «vetro» speciale, detto *solar,* attraverso il quale un sistema di specchi ruotanti (per determinare il ciclo notte-giorno) fa passare la luce captata dal sole.

Per la produzione dell'energia necessaria alla colonia è prevista una centrale che capta l'energia sola-

È considerata anche la possibilità di creare cilindri minori in cui realizzare terreni di coltivazione, attraverso il trattamento delle rocce lunari, in modo da rendere la colonia indipendente per l'alimentazione dalla Terra.

Particolari accorgimenti sono stati progettati per la protezione dall'azione dei raggi cosmici ed altri effetti nocivi conseguenti alla «vita nello spazio».

Si è calcolato che per la realizzazione della prima colonia spaziale occorreranno circa 15 anni.

La colonia da 10.000 abitanti costituisce modello per insediamenti di entità maggiore; sono state infatti progettate altre due colonie, che, sfruttando i medesimi criteri e procedimenti costruttivi della prima, contengono rispettivamente 200.000 e 2.000.000 di persone.

Queste due colonie presentano attributi qualitativi sotto il profilo dell'ambiente di vita nettamente superiori e sempre più vicini all'habitat terrestre: se nella colonia da 200.000 abitanti si prevedono tutte le attrezzature, dalle residenze agli edifici pubblici e ai parchi, per determinare una città razionale (i cilindri avranno una lunghezza di circa 3 chilometri ed un raggio di circa 300 metri), nella seconda, con circa 2.000.000 di abitanti, si ipotizza la riproduzione delle migliori condizioni di vita che la terra può offrire a livello di territorio, boschi e laghi compresi (i cilindri in questo caso saranno lunghi 10 chilometri circa ed avranno un raggio di circa 1 chilometro).

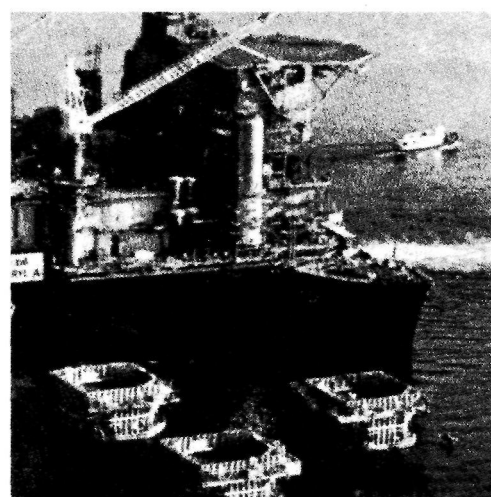
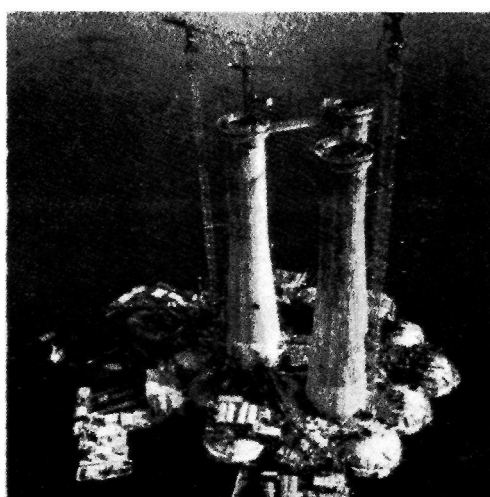
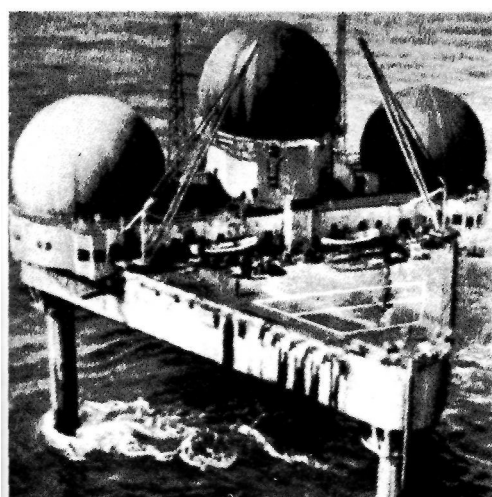
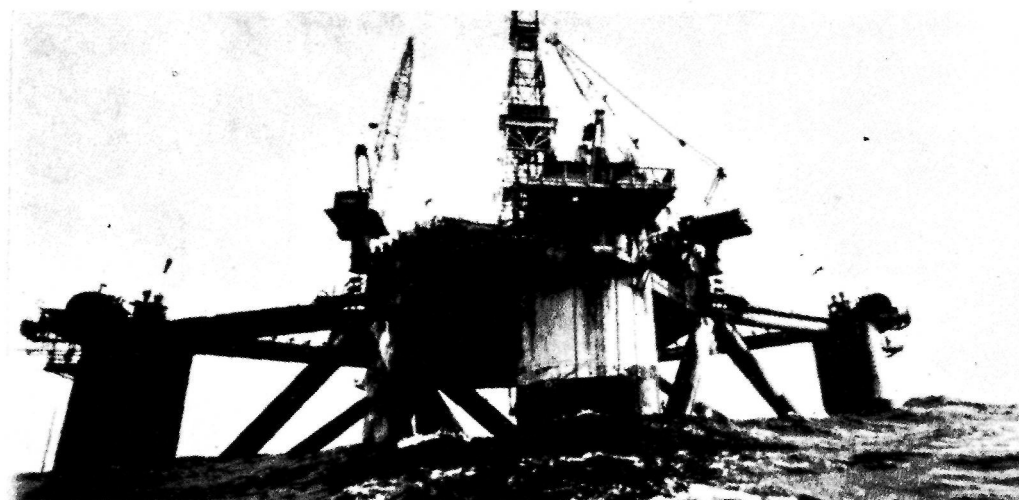
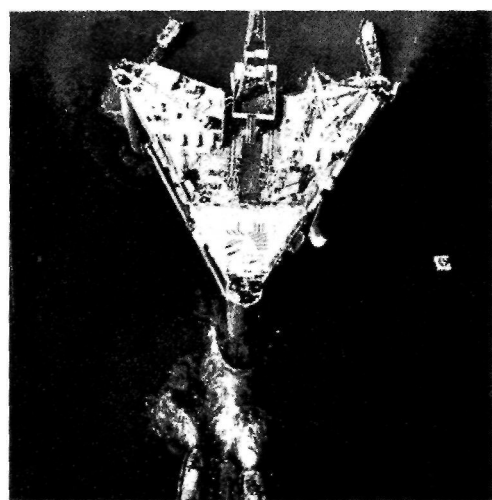
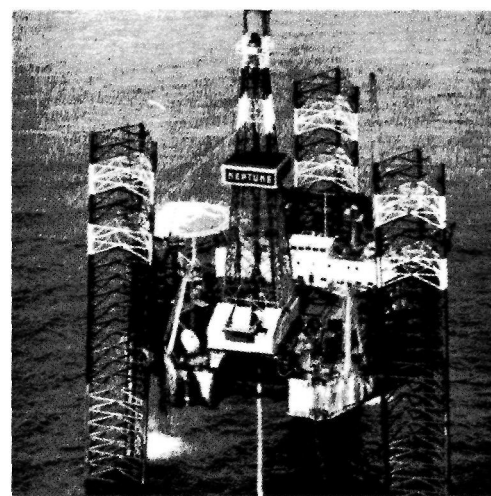
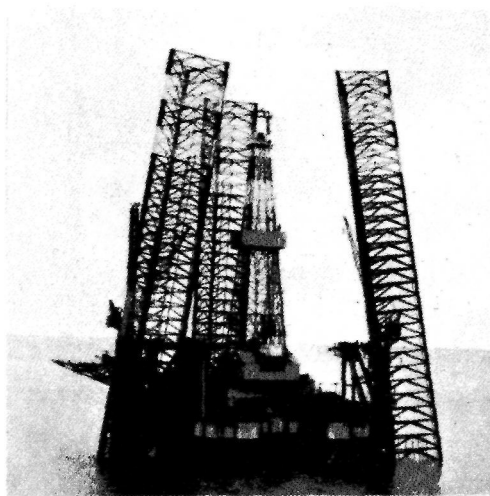
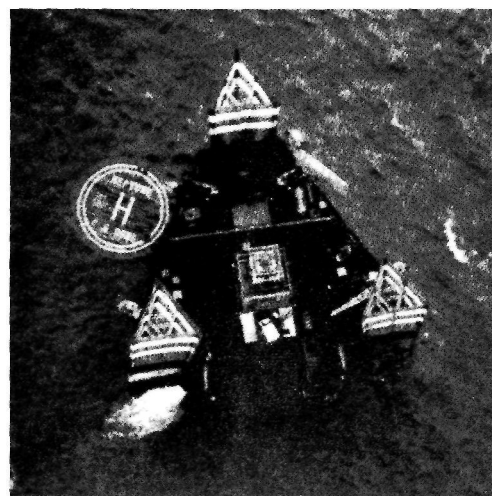
A questo punto c'è da chiedersi il perché di simili progetti e la ragione per insediarsi tra Terra e Luna.

Da una parte emerge una considerazione pessimistica, cioè la distruzione in atto dell'equilibrio ecologico della terra ai fini della vita umana, gli squilibri socio-economici nella distribuzione della ricchezza nel mondo con la terribile prospettiva di guerre nucleari potranno spingere uomini disperati (o fortunati) a trovare rifugio nelle colonie spaziali.

Dall'altra si può fare la considerazione ottimistica che tali colonie spaziali siano un tramite temporaneo per consentire, più che la conquista, la conoscenza da parte dell'uomo di altri pianeti e quindi la possibilità di abitarvi senza riprodurre le «storture» che a tutti i livelli presenta la vita terrestre.

TAVOLE

DA 159 A 177

a	b	c
d	e	
f	g	h

TAV. 159. — L'EDILIZIA DEL MARE

Vengono illustrate alcune «piattaforme» per la perforazione e l'estrazione del petrolio non tanto per un interesse specifico quanto perchè le tecniche costruttive per realizzarle possono essere utilizzate in opere edilizie d'altro tipo e non finalizzate allo sfruttamento «selvaggio» dello spazio marino.

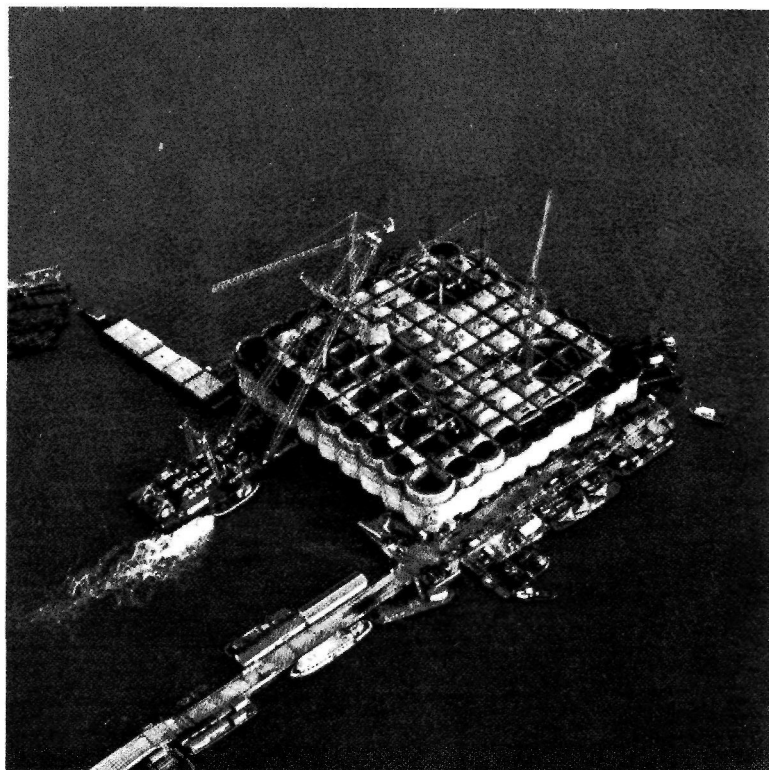
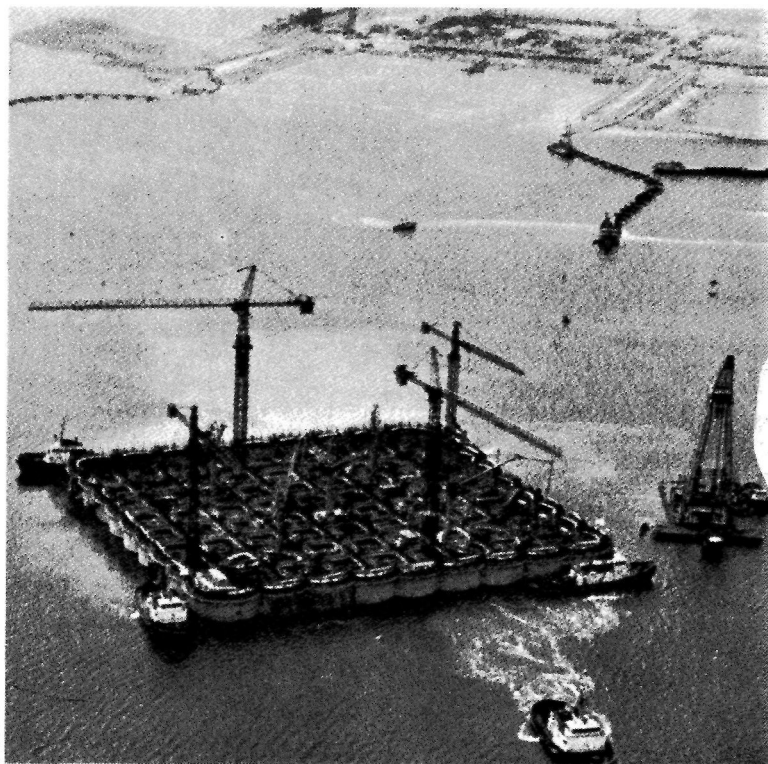
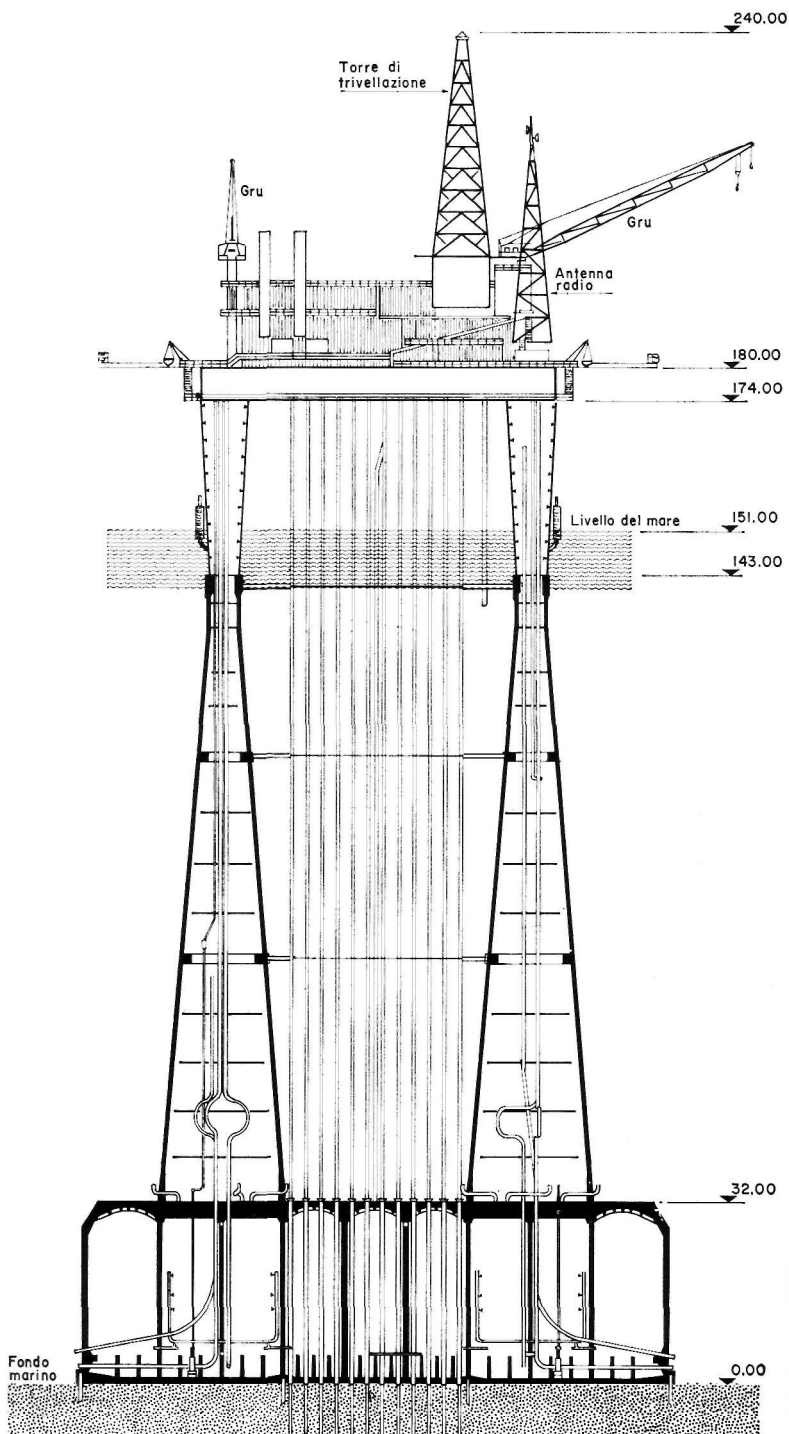
a. b, c, la piattaforma di estrazione « Neptune-Gascogne » sulla costa della Lande, del tipo « autoelevatrice automatico », cioè può elevarsi al di sopra del livello delle onde più alte. È sostenuta da tre piloni (tripode) dell'altezza di 108 m solidamente collegati al fondo marino ed ha una forma esagonale, di cui la lunghezza è di 55 m e la larghezza è di 50 m;! a piattaforma è stata trasportata sul posto mediante rimorchiatori.

d, piattaforma da 7700 tonn rimorchiata nel Mare del Nord verso le zone di sfruttamento petrolifero.

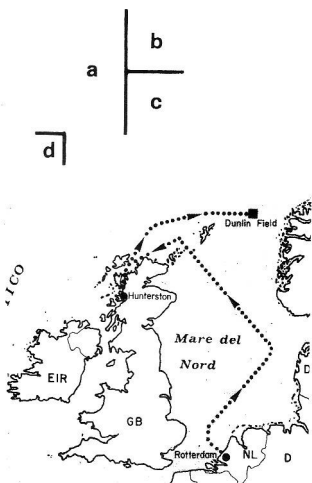
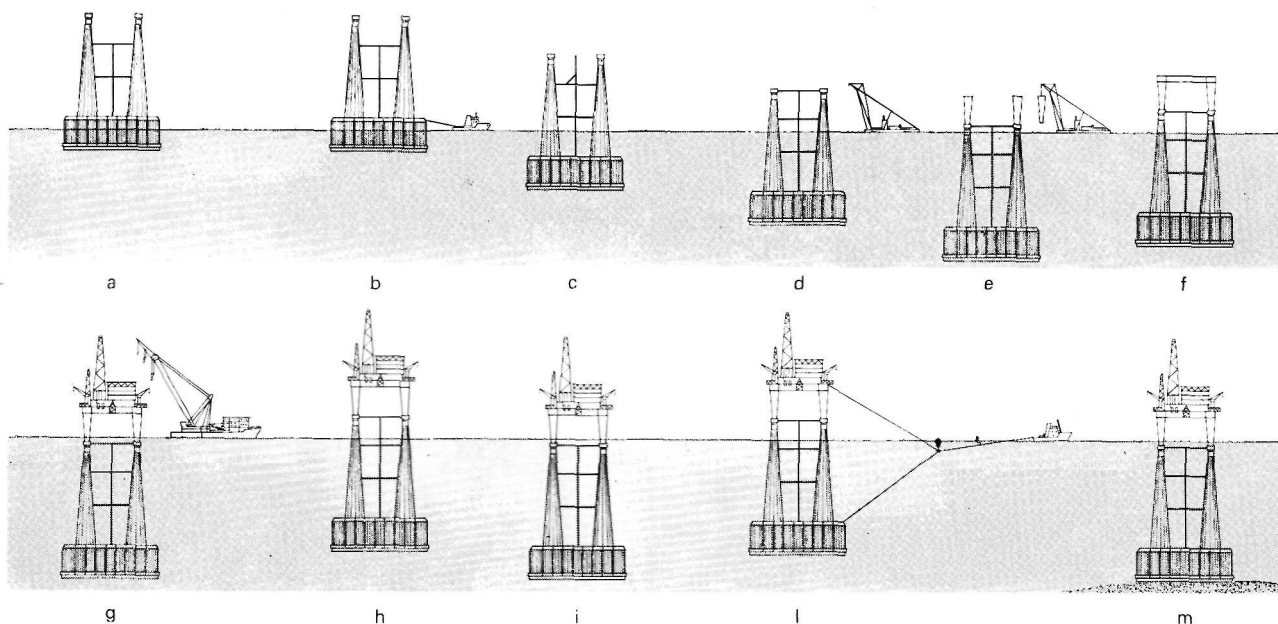
e, il «Pentagono 81 Nettuno 7», esempio di piattaforma galleggiante semi-sommergibile le cui dimensioni sono: lunghezza 110 m, larghezza 97 m, altezza 40,5 m; distanza tra 2 piloni non adiacenti 81 m; i 5 piloni (diametro 8,5 m) sono collegati a galleggianti di forma ellittica (per diminuire la resistenza all'acqua nella fase di trasporto) lunghi 4,5 m, larghi 16,5 m e alti 7,5 m; l'ancoraggio è ottenuto con 10 cavi di 1500 m e con ancore da 15 tonnellate.

f, la piattaforma «Texas 2», situata a 110 miglia al largo della costa di Capecode (notare la protezione con coperture gonfiabili).

g, h, piattaforma spostabile in calcestruzzo armato dislocata a 150 miglia dalla costa inglese nel Mare del Nord, È formata da due parti: l'inferiore, da immergere, costituita da 19 cassoni cilindrici (diametro 20 m), di cui 16 di altezza 50 m e 3 di 140 m, sorreggenti il ponte di lavorazione (g); la superiore, che è il ponte a due livelli per la prima lavorazione del greggio (del peso di 12.000 tonn, di dimensioni in pianta 70 m x 60 m e altezza 12 m) è montata su due navi cisterna da 20.000 tonn. Le due parti possono essere trasportate indipendentemente l'una dall'altra e poi unite sul posto di lavorazione (h). Vedi anche fig. 190.

240.00
Torre di trivellazione
Gru
Gru
Antenna radio
180.00
174.00
Livello del mare
151.00
143.00
32.00
Fondo marino
0.00

TAVV. 160-161. — L'EDILIZIA DEL MARE

Piattaforma petrolifera a Dunlin nel Mare del Nord, progettata dalla A.N.D.O.C. È ancorata ad una profondità di 152 m ed ha una capacità di 1,4 milioni di barili di petrolio. Il cassone di fondazione in cemento armato precompresso ha ingombro in pianta di 104x104 m ed un'altezza di 32 m. Il cassone è formato da 81 celle di 11 m di lato, di cui quelle perimetrali con muri esterni circolari; 4 piloni cavi in e.a. precompresso di forma troncoconica (diametro alla base 22,65 m e in sommità di 6,20 m) alti 114 m sorreggono la piattaforma di servizio. La piattaforma realizzata in acciaio, oltre a contenere gli uffici e gli alloggi del personale e a portare

a, sezione; b, c, fasi di costruzione del cassone di fondazione a Rotterdam; d, itinerario: da Rotterdam a Hunterston la parte in c.a. precompresso, da Hunterston a Dunlin l'opera completa.

a - La struttura immersa a 22 m di profondità nelle acque di Rotterdam.

b - Trasporto verso Hunterston in Scozia.

c - Immersione a 60 m e prove di inclinazione.

d - Immersione a 100 m, montaggio del controventamento superiore e pressurizzazione del cassone.

e - Immersione a 135 m e montaggio dei supporti metallici.

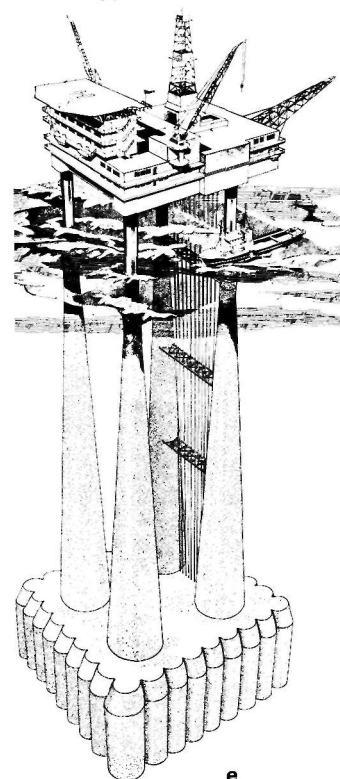
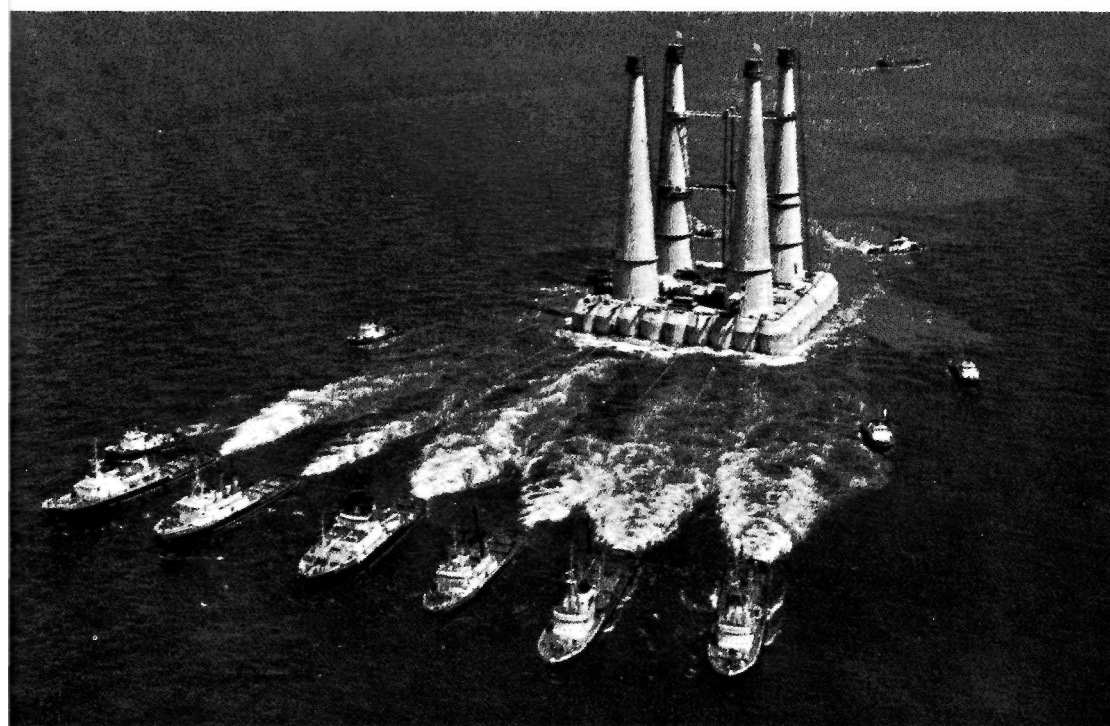
f - Emersione a 120 m, montaggio della piattaforma metallica e seconda prova di inclinazione.

g - Immersione a 150 m e montaggio delle apparecchiature.

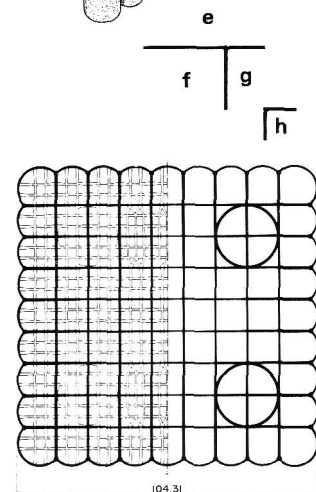
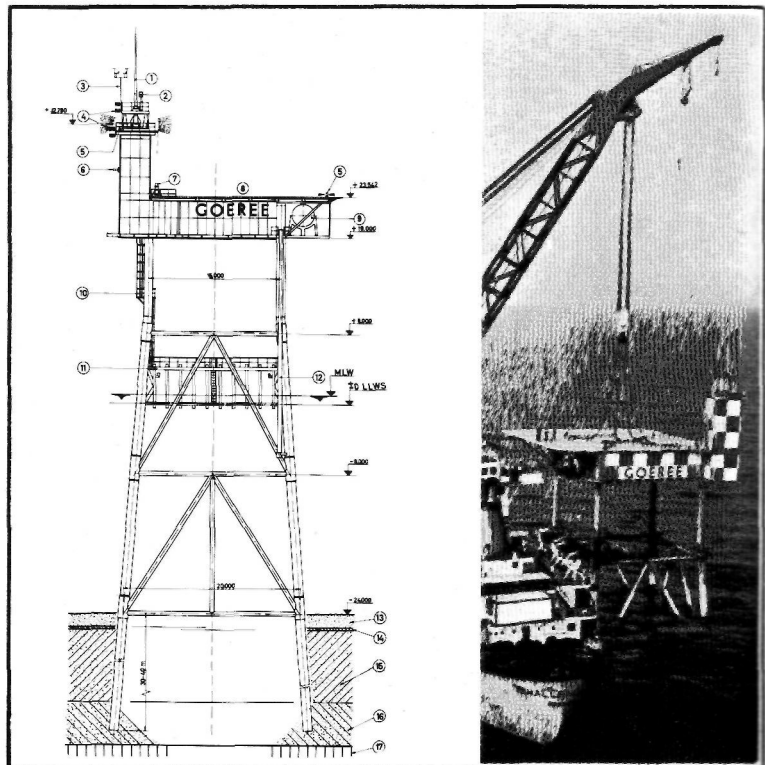
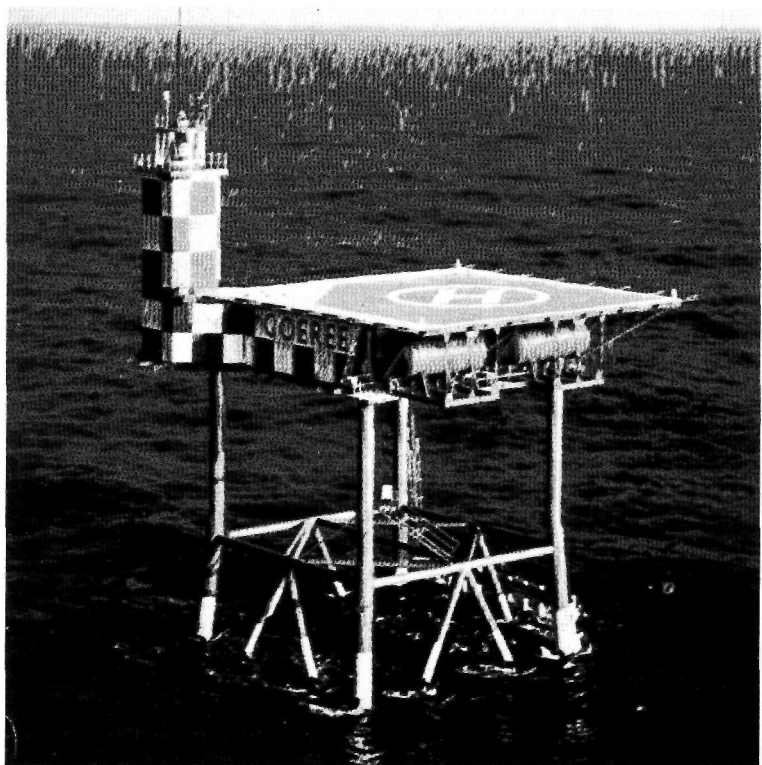
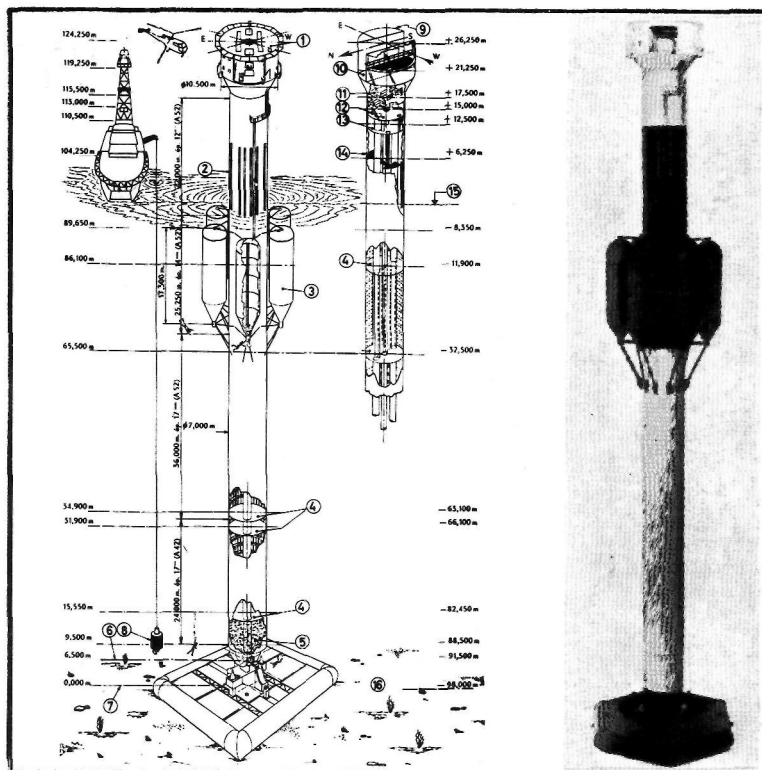
h - Emersione a 120 m ed ultima prova di inclinazione.

i - Immersione a 150 m, controllo finale delle apparecchiature e della piattaforma metallica.

l - Emersione a 126 m e trasporto verso il campo petrolifero di Dunlin nel mar del Nord.

m - Immersione a 151 m ed ancoraggio nella roccia.

(segue)

le varie attrezzature, è adibita a eliporto. La costruzione delle parti in c.a. precompresso è stata realizzata in un bacino presso Rotterdam; l'insieme è stato quindi trasportato via mare a Hunterston, sulla costa scozzese, dove è stato immerso e completato con la piattaforma metallica. Ad ultimazione della costruzione, con emersione a 120 m, si è effettuato il rimorchio, la localizzazione e l'ancoraggio a 151 m di profondità presso il giacimento petrolifero di Dunlin.

e, fasi di immersione; f, il trasporto via mare verso Hunterston; g, assonometria dell'insieme; h, pianta del cassone di fondazione a quote diverse.

a	b
c	d

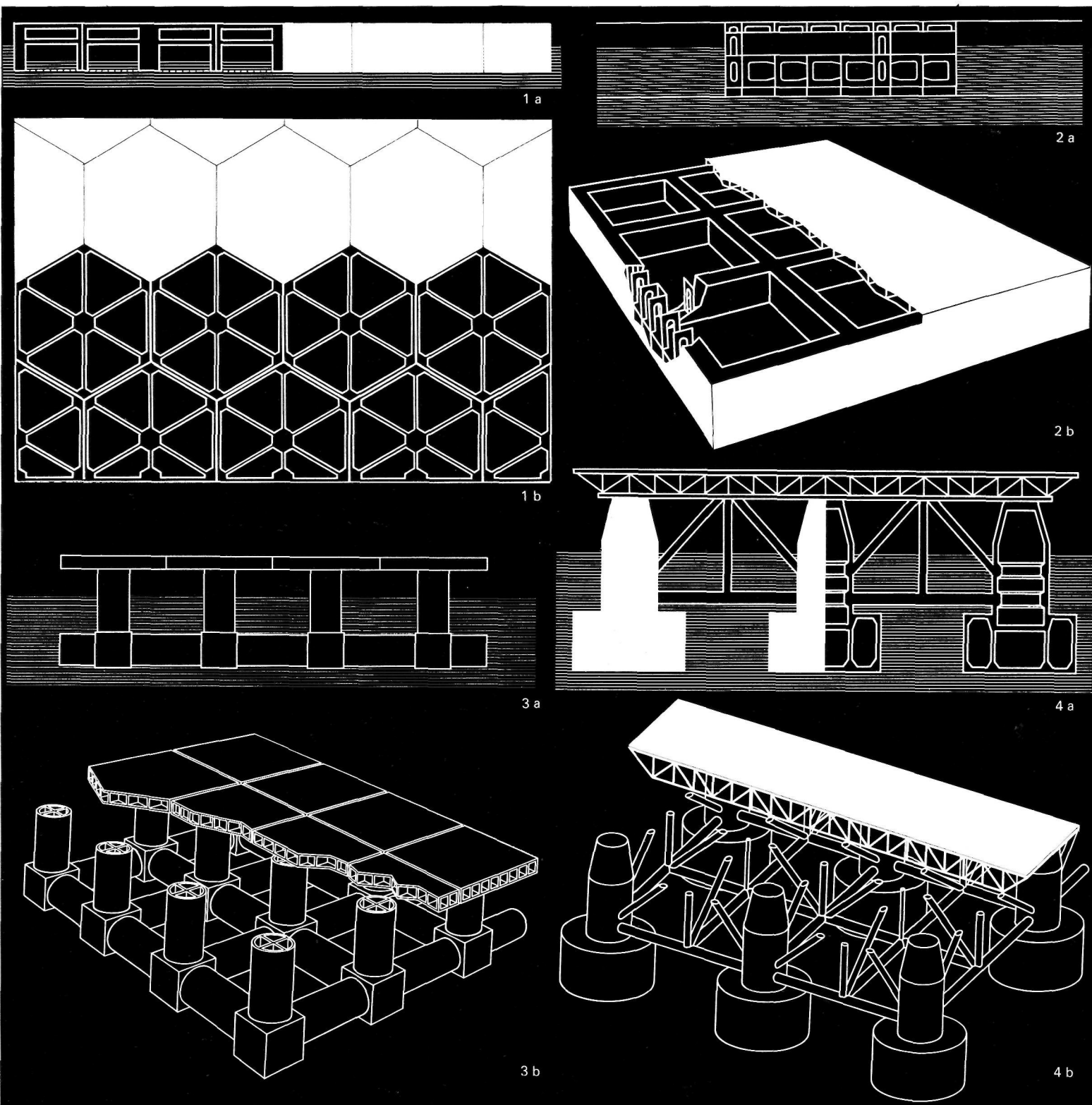
TAV. 162. — L'EDILIZIA DEL MARE

a, b, piattaforma « articolata » sperimentale Elf-Océan ancorata con un giunto cardanico al fondo marino in modo da poter resistere, senza opporvisi, al modo ondoso (progettazione E. M. H. Francia). È formata da un cilindro metallico (diametro 7 m, altezza 124 m) che può essere utilizzato come sostegno di installazioni fisse (ad esempio fari, attrezzature di presa per pozzi petroliferi) o come ormeggio per il caricamento di natanti. Per la stabilizzazione vengono utilizzati sei galleggianti cilindrici (diametro 4,5 m, altezza 18 m) predisposti a circa 2/3 dalla base. La parte alta del cilindro, suddivisa in vari livelli, è destinata a locali per macchinari e per il personale; il ponte superiore è utilizzato come eliporto.

1, ponte per elicotteri; 2, dispositivi di segnalazione; 3, galleggianti; 4, diaframmi; 5, fondo del cilindro; 6, asse del giunto cardanico; 7, piano di base; 8, campana di immersione; 9, locali di abitazione; 10, ponte principale; 11, ponte mediano; **12,** ponte di deposito; 13, ponte delle macchine; 14, passarella interna; 15, zero idrografico; 16, fondo marino.

c, d, piattaforma-faro «Goeree» al largo della costa olandese (progettazione Marine Consultants, L'Aia) di tipo fisso. L'ossatura portante è in tubi di acciaio di grande diametro del tipo saldato (acciaio laminato ad alta resistenza) e in tubi Mannesmann (di diametro minore) in acciaio ad alta resistenza; la piattaforma e il faro sono realizzati in profilato HEA, HEB, IPE e in lamiera d'acciaio. L'altezza totale dal fondo marino è di 56 metri.

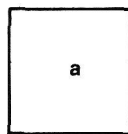
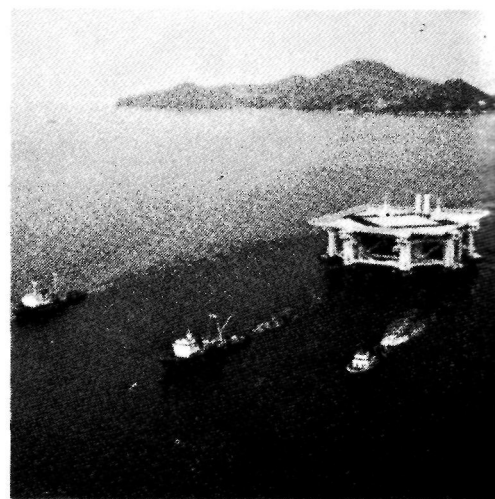
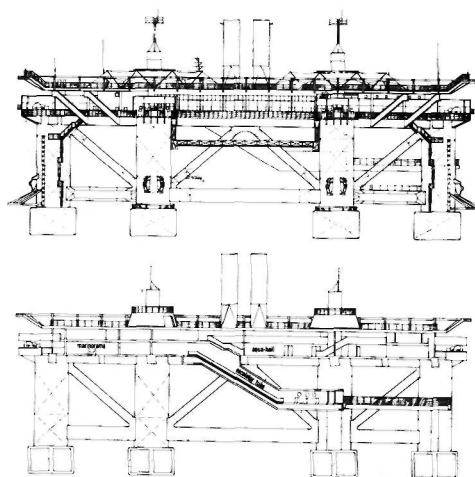
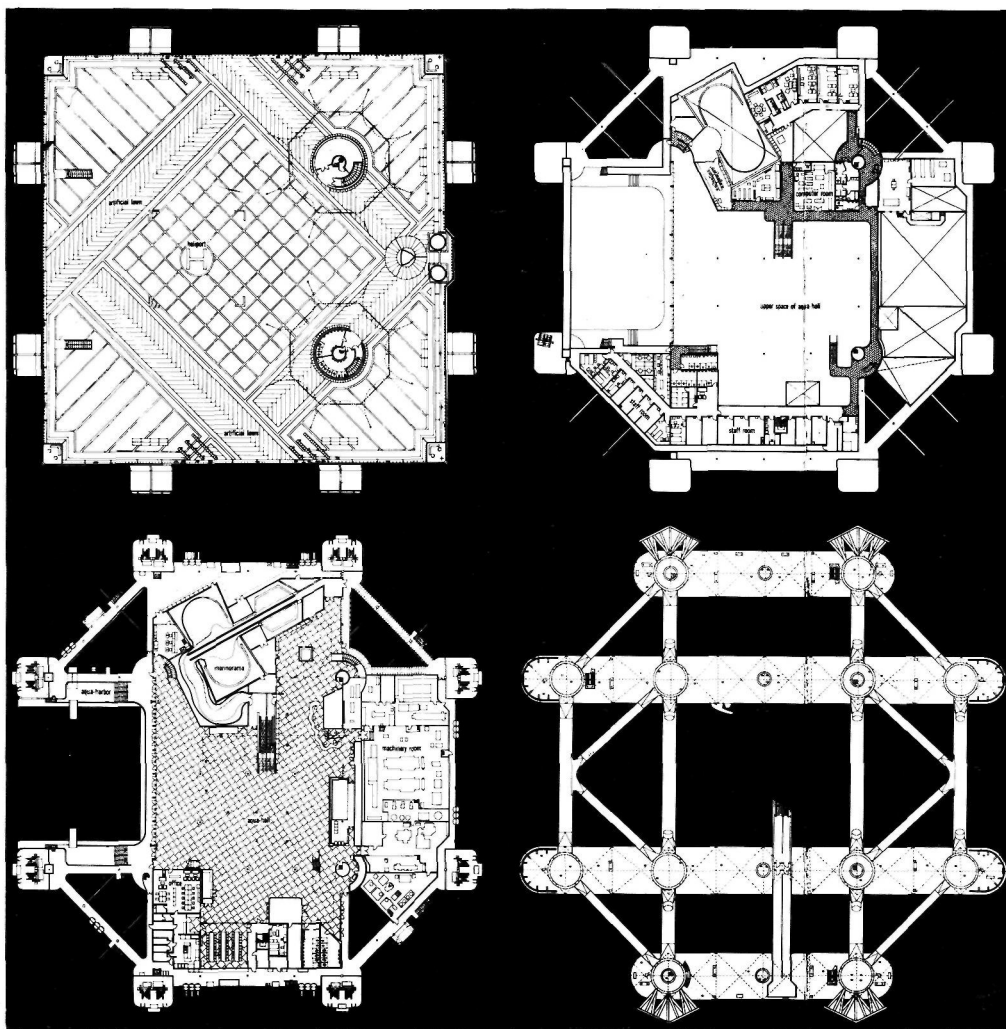
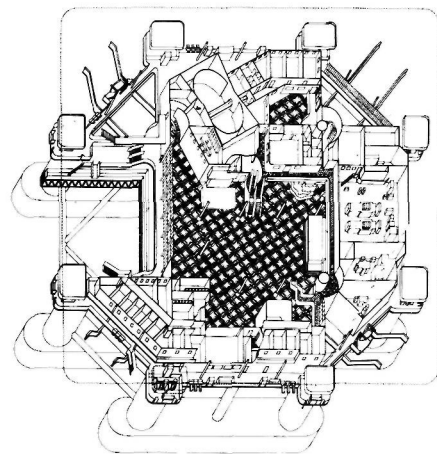
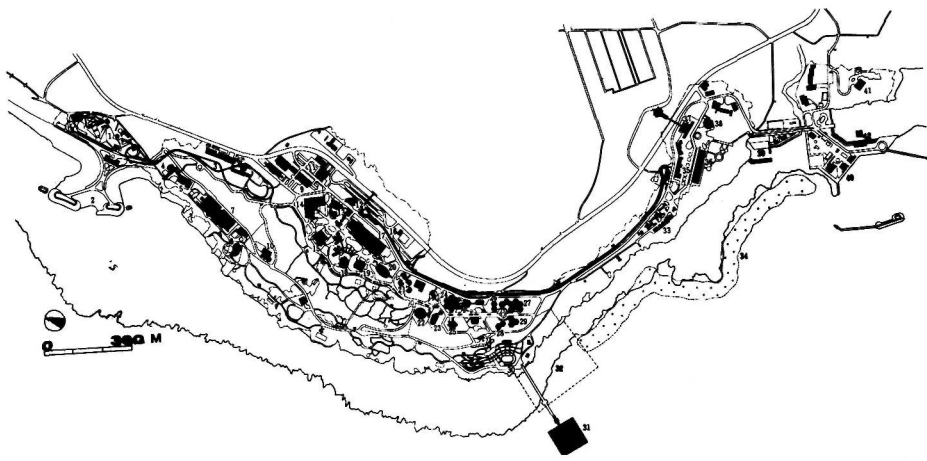
1, antenna del radio-faro; 2, antenna radar; 3, strumenti metereologici; 4, antenna UHF; 5, fuoco di segnalazione; 6, rilevatore di nebbia; 7. sirena di nebbia; 8, eliporto; 9, serbatoi di carburante; 10, gabbia scale; 11, passarella per accostamento; 12, strumenti idrologici; 13, sabbie recenti; 14, argille compatte; 15, sabbia grossa; 16, sabbia fine con sottili strati d'argilla; 17, silt.

a

TAV. 163. — L'EDILIZIA DEL MARE

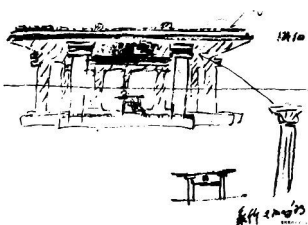
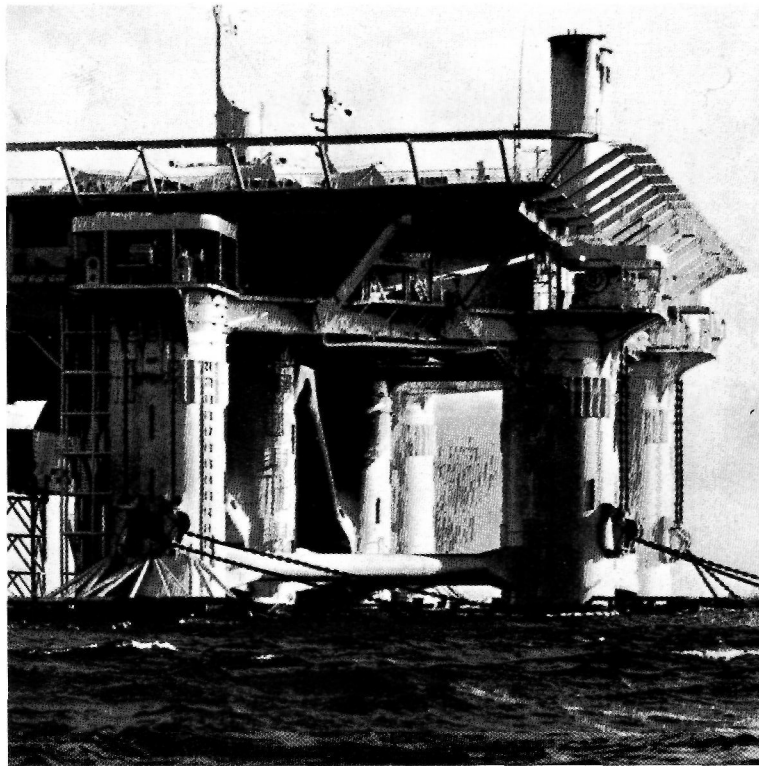
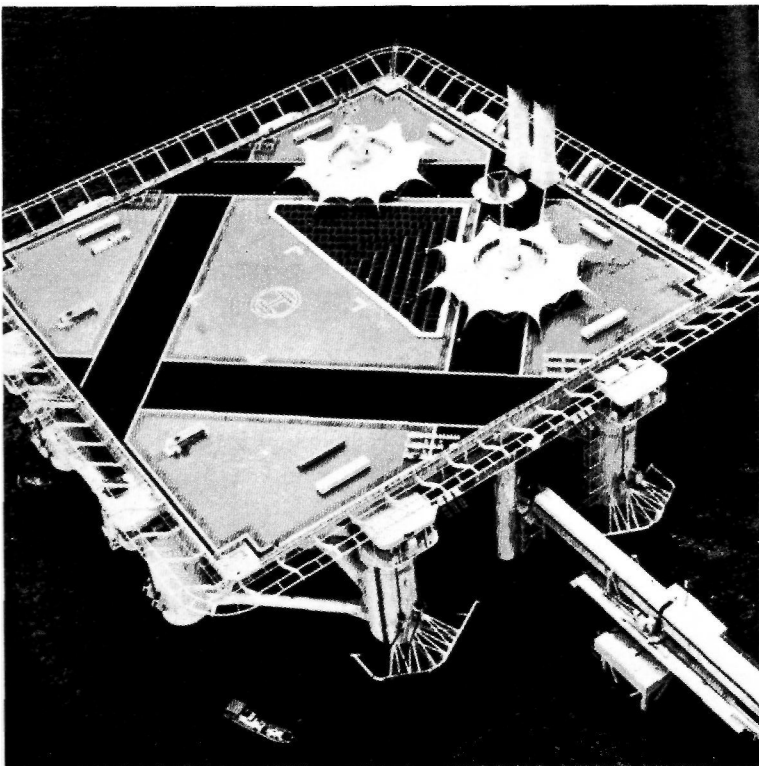
Schemi di procedimenti costruttivi per piattaforme galleggianti da utilizzare per porti, aeroporti e altre destinazioni secondo l'Eurocéan-Gruppo Isole Galleggianti (1975). I tipi illustrati possono essere realizzati nella terraferma e rimorchiati per parti in sito per l'assemblaggio definitivo.

1) **a, b, isola galleggiante a fondo piatto in calcestruzzo leggero armato precompresso** costituita di elementi prismatici a base esagonale di 20 m di lato. Adatta per realizzare piattaforme di grandi dimensioni e laddove l'effetto del moto ondoso è moderato.
2) **a, b, isola galleggiante a fondo piatto in acciaio** costituita da una serie di cassoni a doppio fondo con pareti stagne e membrature di rinforzo. La realizzazione dell'isola avviene completamente in bacino secondo le tecniche delle costruzioni navali. Convenienza di applicazione come per la precedente.
3) **a, b, isola galleggiante semisommersa in calcestruzzo leggero armato precompresso** costituita da un insieme di tubi cilindrici orizzontali e verticali che assicura il galleggiamento e sorregge la piattaforma (piastra prismatica cellulare). L'interasse dei cilindri è di 40 m, formando un reticolo a maglia quadrata con lato di tale valore. La piattaforma potrà essere realizzata sia in calcestruzzo armato precompresso sia in acciaio. Questo tipo di isola galleggiante è consigliabile quando sono indispensabili per una buona stabilità (per qualsiasi peso della piattaforma e sovraccarico) un elevato periodo di oscillazione verticale e la riduzione degli effetti del moto ondoso. In particolare è studiata per condizioni meteo-oceanografiche analoghe a quelle del Mediterraneo.
4) **a, b, isola galleggiante semisommersa in acciaio e calcestruzzo armato** costituita da 9 colonne e basamenti a cassone collegati da elementi tubolari; i cassoni di base sono in calcestruzzo leggero precompresso, mentre le colonne, gli elementi di collegamento e la piattaforma sono in acciaio. Questo tipo di isola galleggiante è adatto per condizioni meteo-oceanografiche analoghe a quelle del Mare del Nord.

a	c
	d
b	e

f

TAVV. 164-165. — L'EDILIZIA DEL MARE

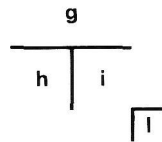
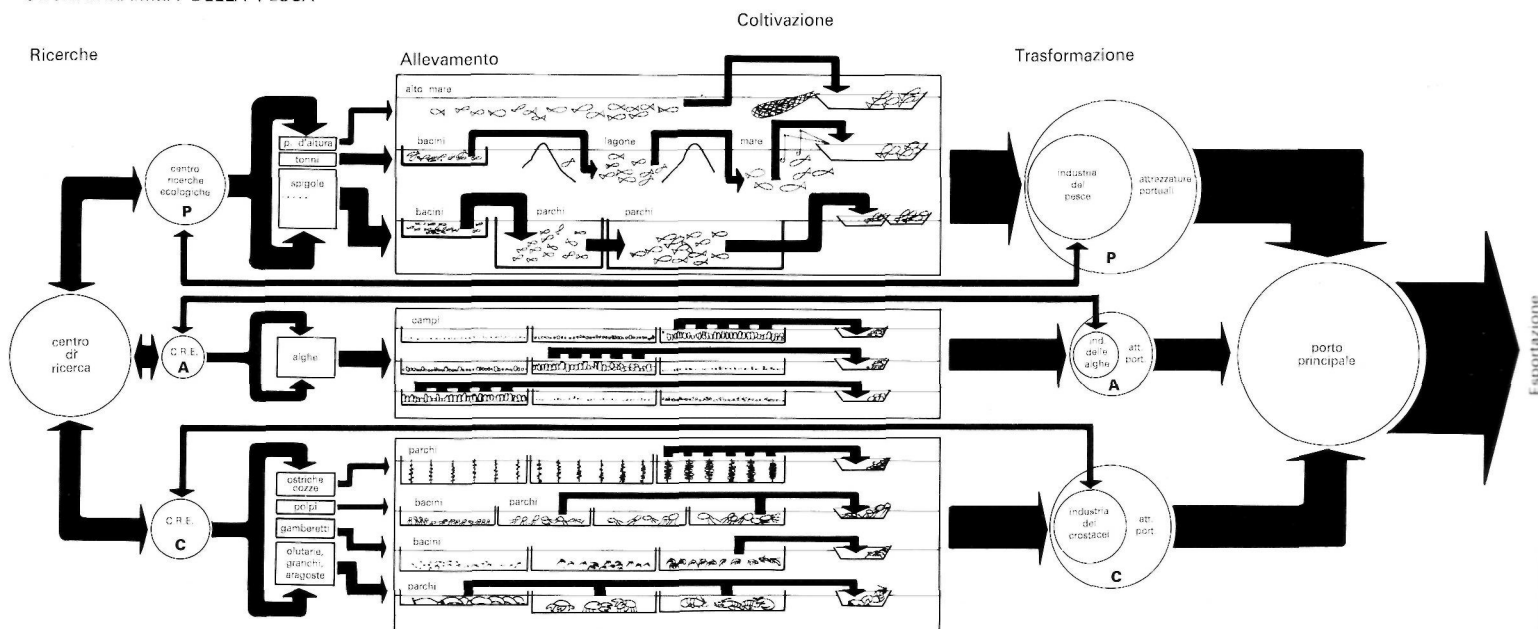
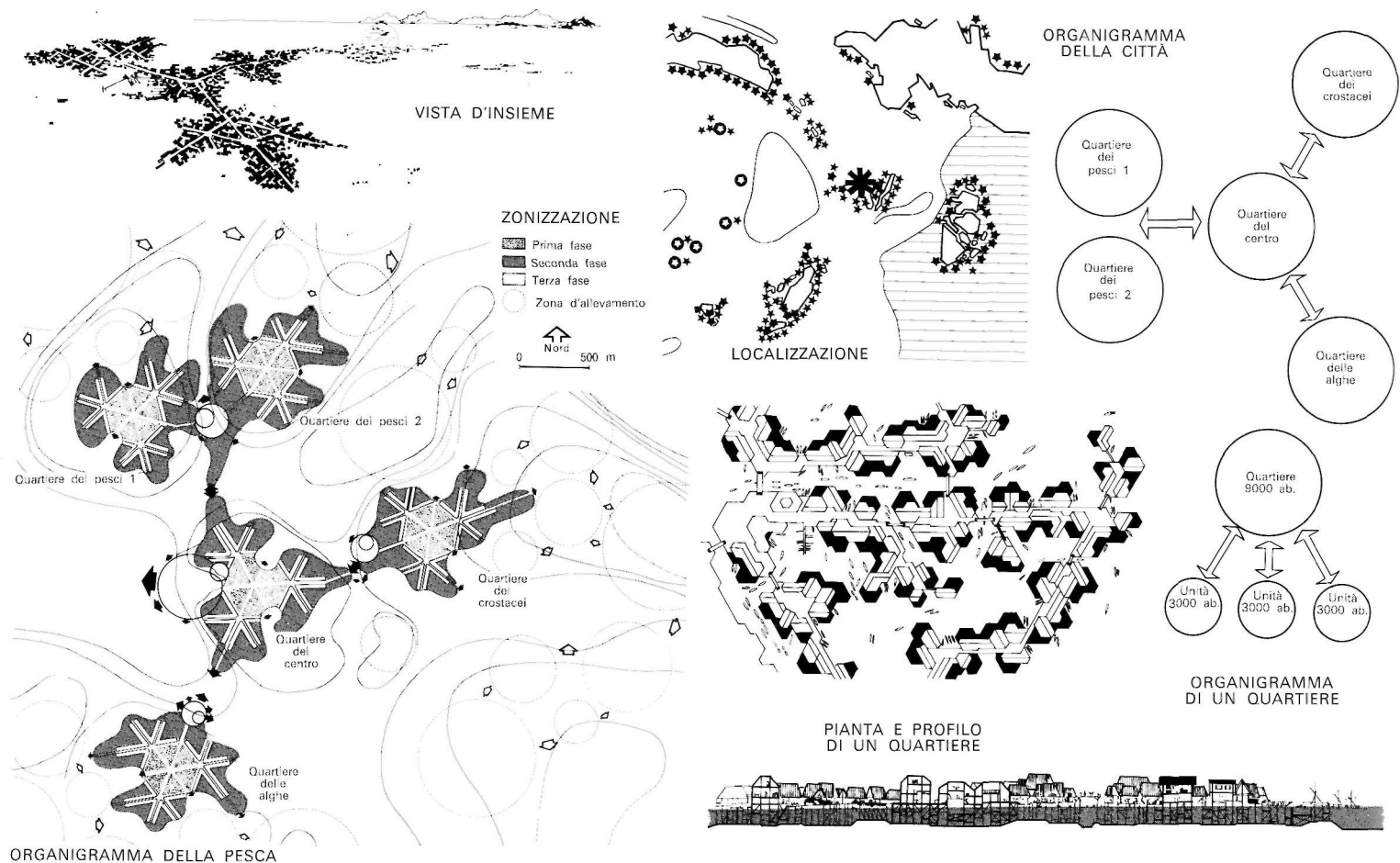
« Acquapolis », organismo galleggiante progettato dall'arch. Kiyonori Kikutake per l'Esposizione Internazionale del Mare tenuta a Okinawa (Giappone) nel luglio 1975. Esposizione dedicata alla «conoscenza del mare» ai fini di ritrovare quell'equilibrio tra uomo e natura che l'eccesso di industrializzazione tende a turbare. Il complesso si estende su di una striscia litoranea a forma di arco della lunghezza di 4 km. e comprende una serie di padiglioni e attrezzature, con relativo « landscapig », dedicati all'ambiente marino; l'elemento più singolare, che è divenuto il simbolo dell'esposizione, è appunto Acquapolis destinato a determinare il contatto diretto con il mare. Acquapolis, organismo galleggiante e semisommergibile, è suddivisibile in tre zone principali: la zona al di sopra del livello del mare, la zona a livello del mare, la zona sommersa. La prima zona comprende spazi residenziali, amministrativi e di esposizione; la seconda è destinata prevalentemente alle attrezzature di trasporto, per i collegamenti con la terraferma; la zona sommersa contiene depositi e locali

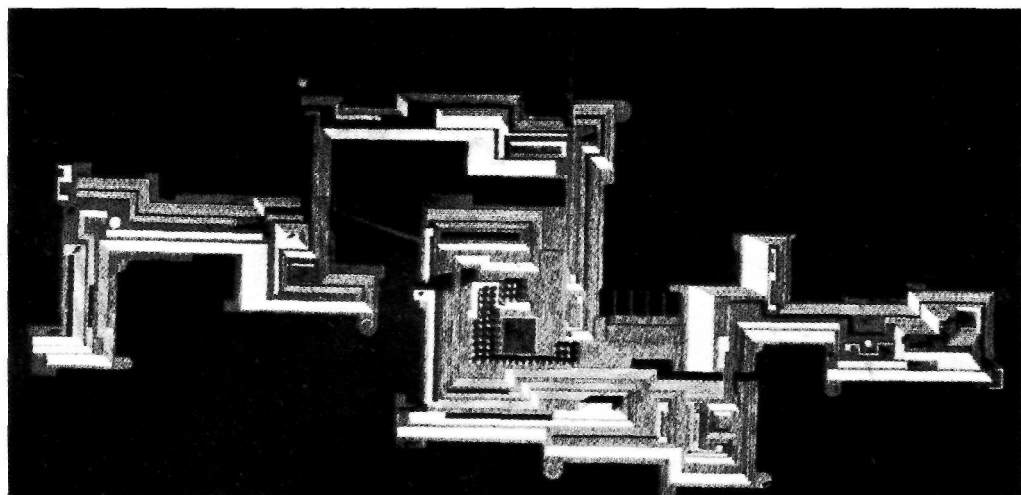
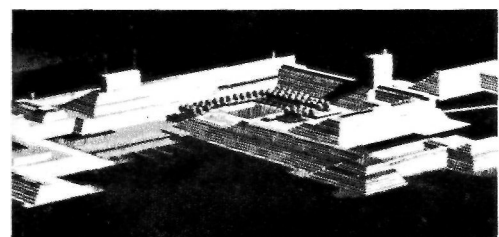
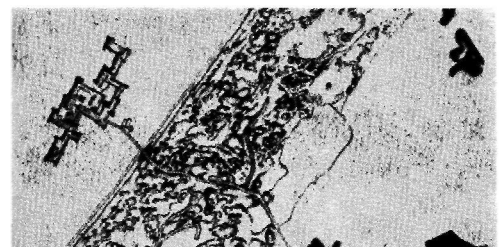
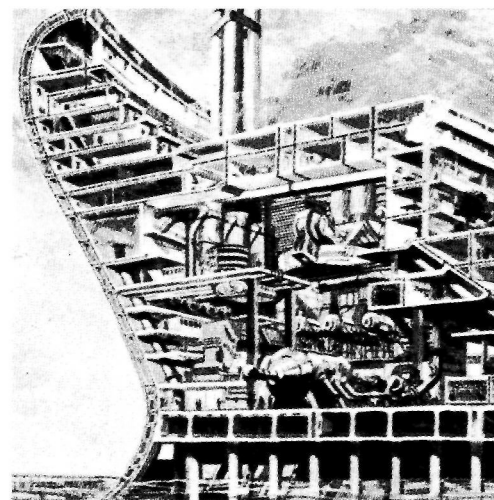
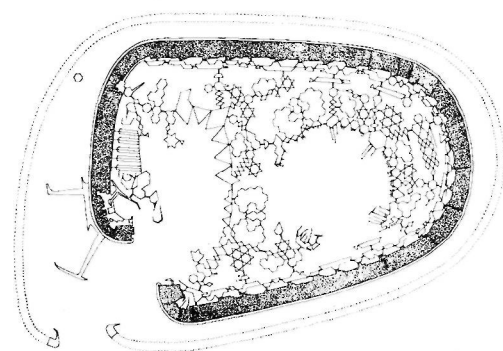
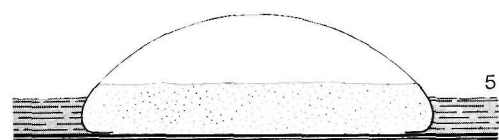
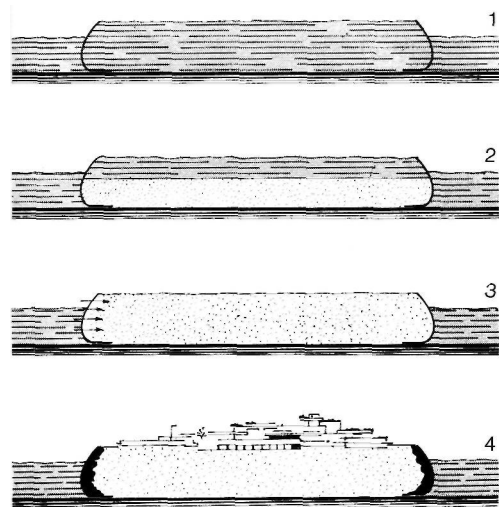
a, planimetria generale dell'« Esposizione Internazionale del Mare», Okinawa (1975); b, piante ai vari livelli di Acquapolis; c, spaccato assonometrico; d, sezioni; e, Acquapolis nella fase di rimorchio; f, schizzi preliminari.

(segue)

destinati ai macchinari. È collegato con la terraferma con un ponte e il pubblico accede al suo interno mediante una scala mobile (vedi fig. d). È stato costruito nell'isola principale di Houshu e rimorchiato ad Okinawa; l'ossatura portante è in acciaio e la piattaforma poggia su 12 piloni principali (7,5 m di diametro) e su 4 secondari (3 m di diametro) sorretti da 4 galleggianti a cassone lineare. I piloni principali sono divisi in tre scomparti usati come cassoni vuoti o di zavorra. L'ancoraggio e l'ormeggio, automatico, è assicurato da verricelli salpa-ancora e da 16 catene. Quando vi è l'alta marea la zona tra i piloni è utilizzabile come attracco per imbarcazioni. Il ponte superiore, che misura 80 m x 80 m, ha al perimetro corselli per la manutenzione e al centro funziona da eliporto (vedi fig. h). L'organismo pesa 28.000 tonn a pieno carico ed ha una altezza totale di 32 m. È fornito di un impianto di desalinizzazione dell'acqua di mare e di dispositivi per lo sfruttamento dell'energia marina e solare.

g

h i

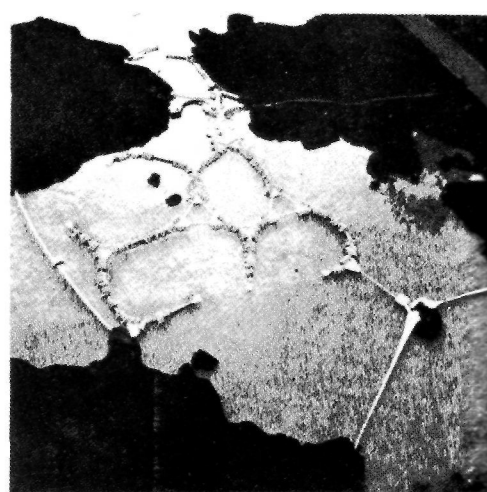
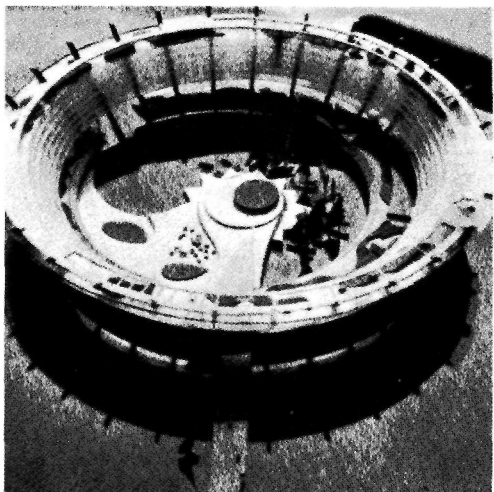
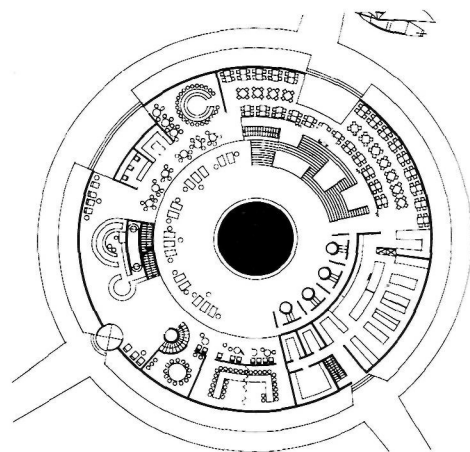
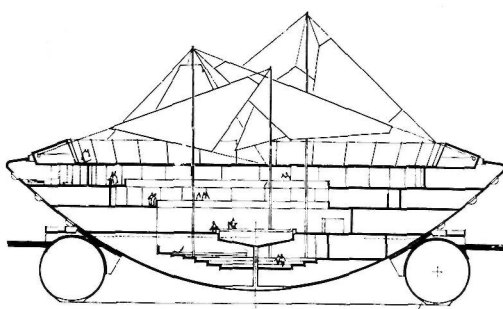
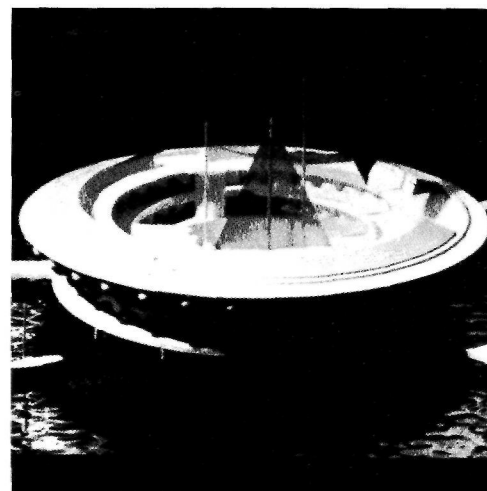
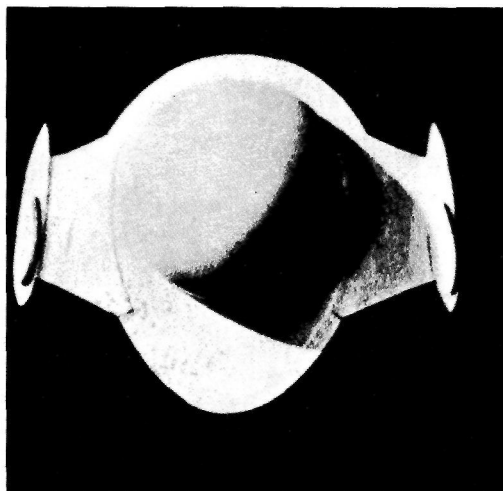
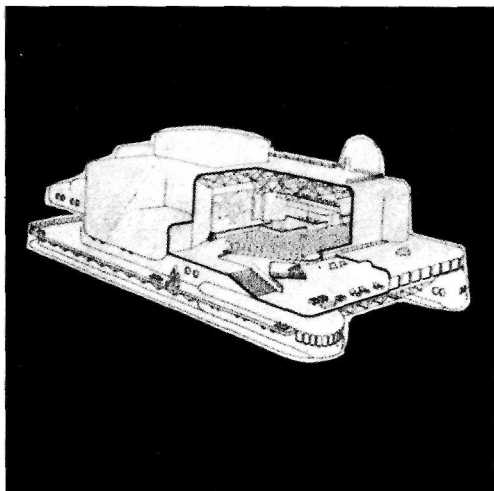
l

g, veduta generale di Acquapolis; h, veduta dall'alto; i, veduta parziale dell'ossatura portante; l, il salone principale di 2000 mq e della capacità di 800 persone.

TAV. 166. — L'EDILIZIA DEL MARE

In questa tavola è riportato il progetto, descritto nel testo, degli archh. Jaques e Edith Rougerie e dell'ing. Hirou per l'insediamento «marino» di Thalassopolis destinato all'« acquicoltura » nel mare di Banda (mare Indocinese). Nell'esaminare questa ed altre proposte per la razionale utilizzazione delle risorse alimentari offerte dal mare viene spontaneo fare due considerazioni. La prima, ottimistica, può essere così sintetizzata: è naturale che l'uomo tenda ad espandere il proprio dominio anche agli «spazi marini» per risolvere una serie di problemi esistenziali (da quelli per la sopravvivenza a quelli culturali e scientifici) e quindi ben vengano dei programmi e dei progetti per una «occupazione» ecologicamente sana e per un «insediamento» organico nel mare. La seconda considerazione, pessimistica, è dettata dalle esperienze del passato: l'uomo non è stato capace di «amministrare» e salvaguardare i beni naturali della terraferma tanto che è costretto ad «invadere» il mondo marino; le proposte per la «colonizzazione» del mare non risulteranno i «cavalli di Troia» per un suo sfruttamento indiscriminato?

TAV. 167. — L'EDILIZIA DEL MARE

a	b	
	c	d
e	g	
f		

a, proposta di F. Otto per realizzare «isole artificiali» in zone paludose: una membrana ancorata su fondali poco profondi è riempita d'acqua ad un livello superiore a quello esterno (1); viene poi riempita con materiali solidi (sabbia, fango, ecc.) con fuoriuscita dell'acqua (2); si inietta all'interno della membrana un impasto di cemento liquido a formare un muro di sostegno al perimetro (3, 4); ad assestamento avvenuto si procede all'edificazione della isola, eventualmente protetta da involucro confiabile, (4, 5).

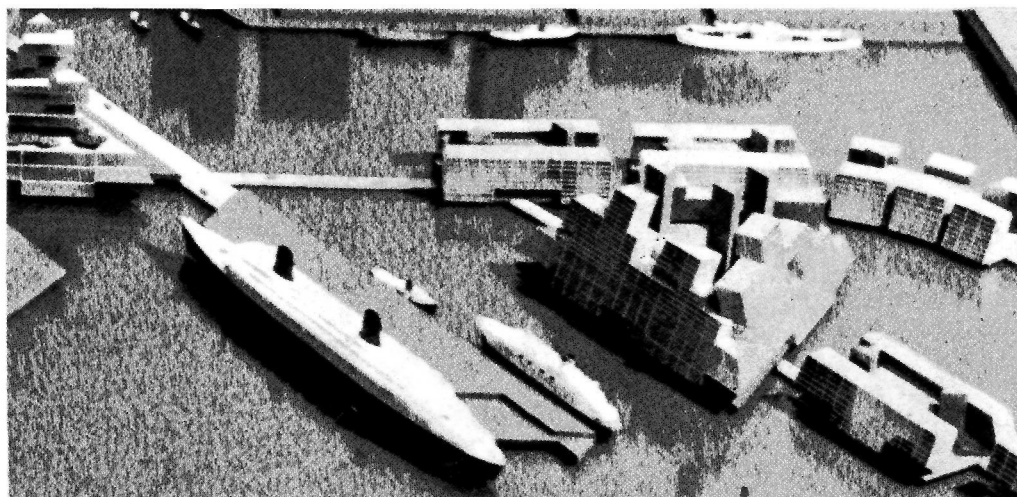
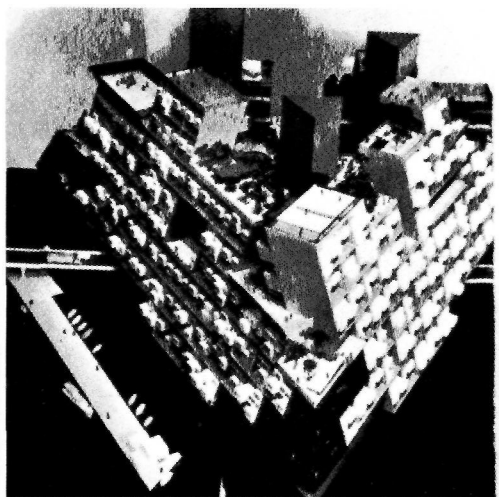
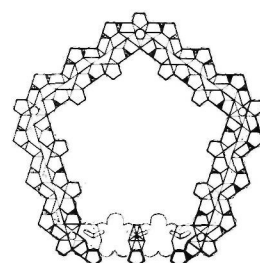
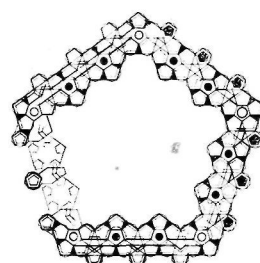
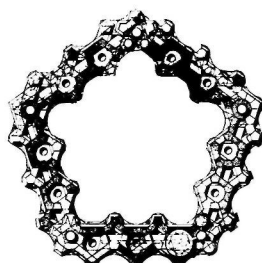
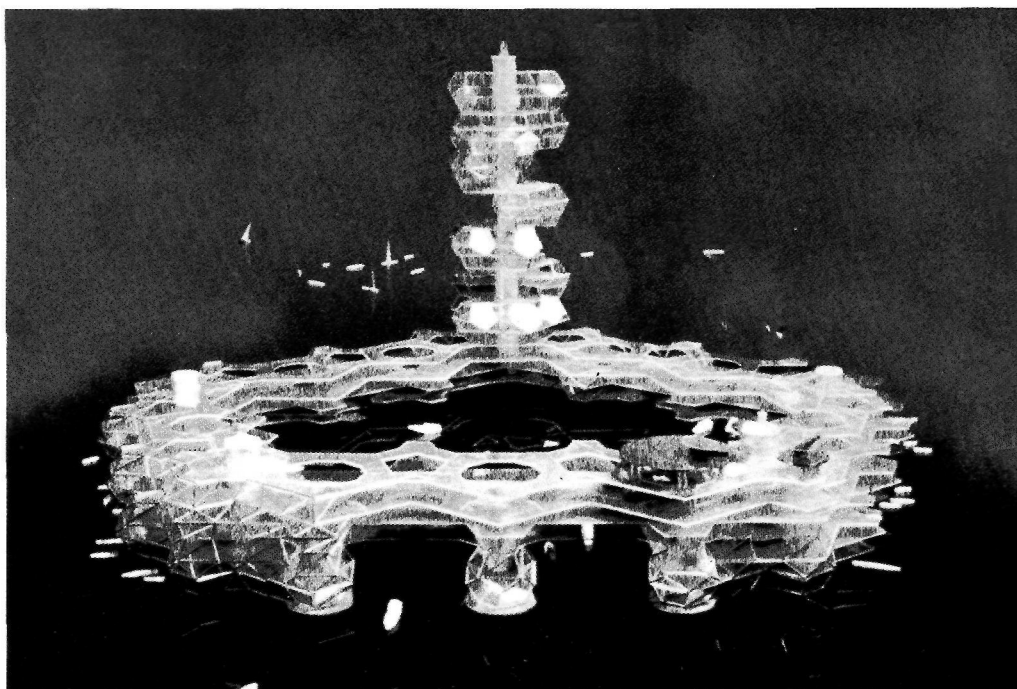
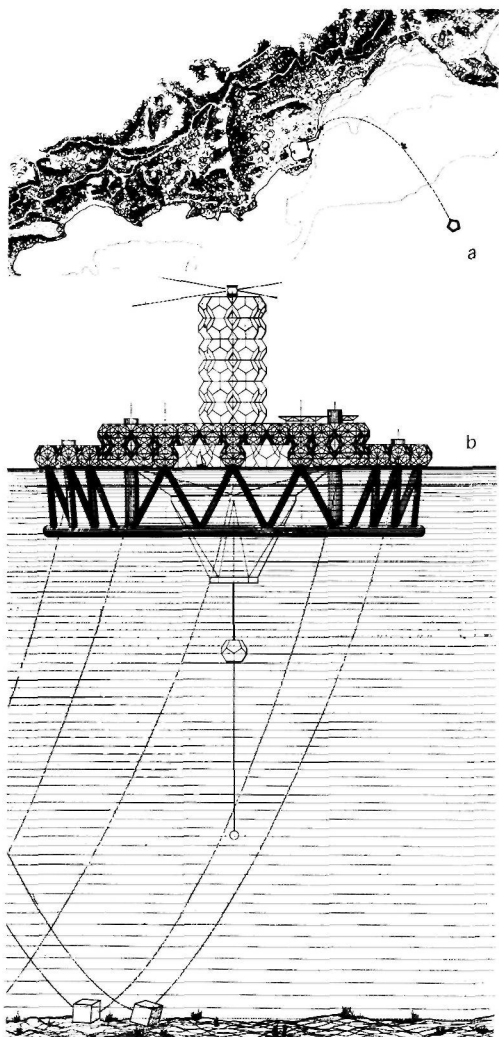
b, c, d, « Sea city» (H. Moggridge, J. Martin, K. Anthony) per 50.000 ab. da ubicare nel mare del Nord, a 37 km dalla costa inglese. Ha forma avvolgente uno specchio d'acqua su cui gravitano gli spazi abitati. E protetta esternamente da un frangi-flutti galleggiante. Le residenze, le industrie e altri locali sono ubicati nell'« anello », mentre i servizi e le scuole, di tipo «galleggiante», sono dislocati sullo specchio d'acqua interno. Sono previsti un centro di ricerche sottomarine, zone di pescicoltura e impianti di desalinizzazione.

e, f, « Hidrobiopolis» (L. Hartsuyker-Curjel, E. Hartsuyker) ad 1 km dalla costa de L'Aia per sopperire alla mancanza di terreno edificabile (e), dimensionata per 20.000 ab. (con 6000 posti di lavoro) e collegata con la terraferma da un viadotto. L'ossatura portante è in c.a. secondo le tecniche dei viadotti per formare l'isola artificiale. Il primo livello agibile (ad 8 m s. l. m. in rapporto alle maree) è destinato al traffico, ai parcheggi e ai servizi; ai livelli superiori sono disposte le residenze, le zone di lavoro e i servizi.

a	b	c
d	e	f
g	h	i

TAV. 168. — L'EDILIZIA DEL MARE

a, centro culturale «galleggiante» sul lago di Zurigo (progettisti Schwartz, Guntmann, Glooz) del tipo a « pontone». b, centro culturale «galleggiante» (arch. W. Jonas) del tipo a «boa».
c, d, e, f, l'«Athens Seatel », albergo «galleggiante» progettato dall'arch. J. Dehinden. Il complesso, previsto nel golfo di Salonicco nei pressi dell'aeroporto intercontinentale di Atene, esteriormente ha una forma a guscio, mentre internamente si configura a gradoni convergenti verso uno spazio centrale coperto da membrane tese. Il guscio ha un diametro di 65 m e può ruotare sul suo asse. Un anello galleggiante contorna l'organismo e porta un percorso pedonale collegato ai due pontili verso terra e al pontile di attracco per le imbarcazioni (vedi fig. d). L'hotel comprende 155 camere (310 posti-letto) orientate verso lo spazio centrale che contiene una piscina; tutti i locali di ristoro, svago e soggiorno sono a livello della piscina. Nella parte inferiore del guscio si trovano i cassoni di stabilizzazione e di galleggiamento, nonché le centrali di energia. L'organismo è concepito come un guscio di cemento armato e i solai anulari assorbono le azioni orizzontali. La realizzazione del guscio avviene a terra e poi viene varato in mare e trasportato per galleggiamento. L'anello galleggiante è del tipo pneumatico, in modo da poter essere posizionato intorno al guscio e poi insufflato d'aria; data la sua posizione assorbe gran parte dell'azione delle onde.

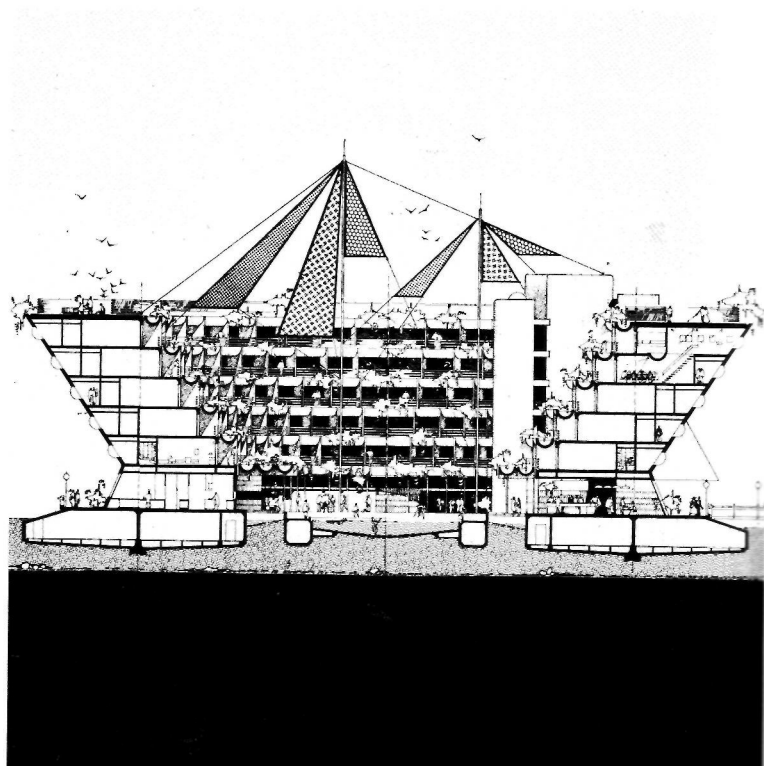
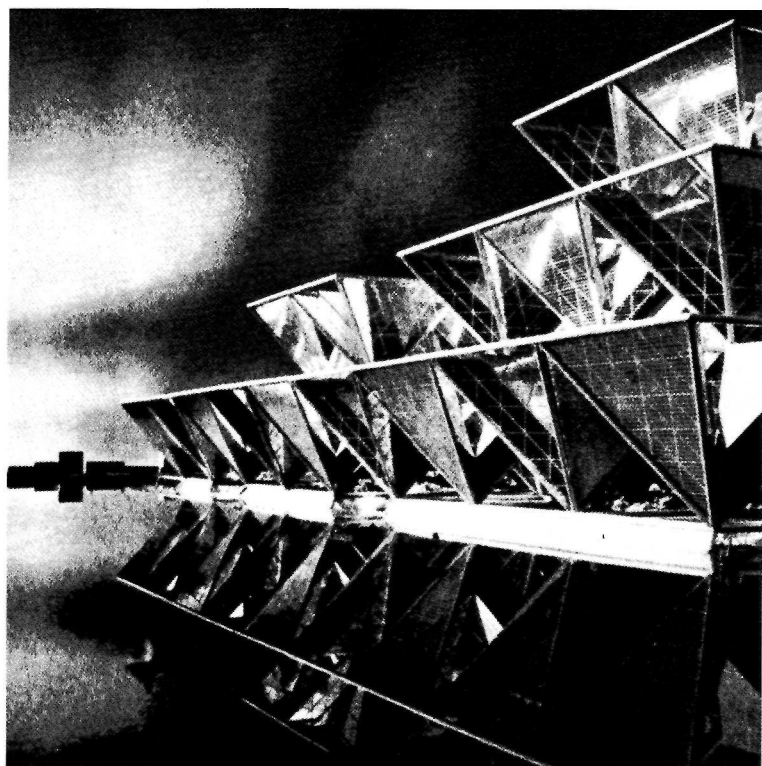
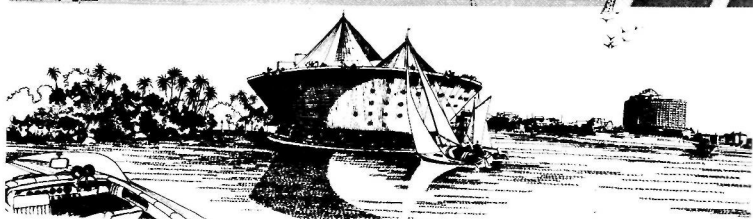
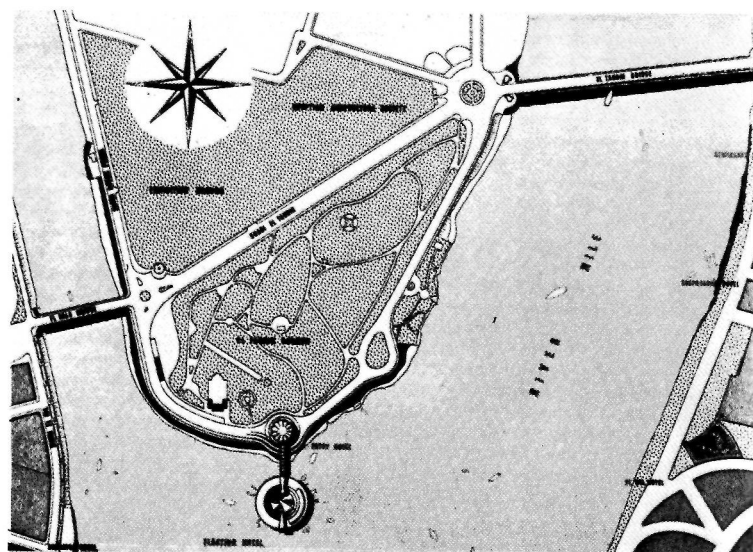
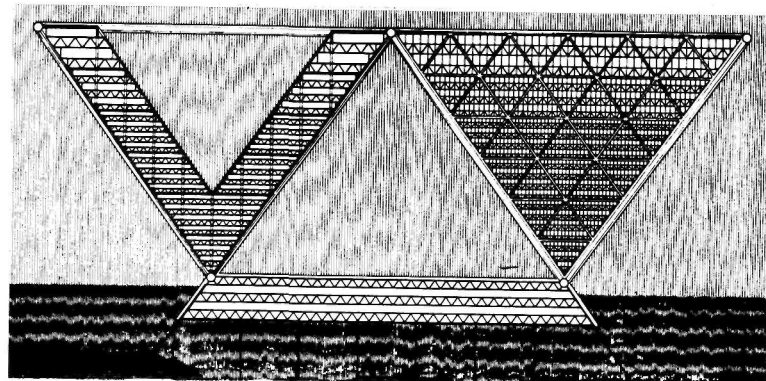
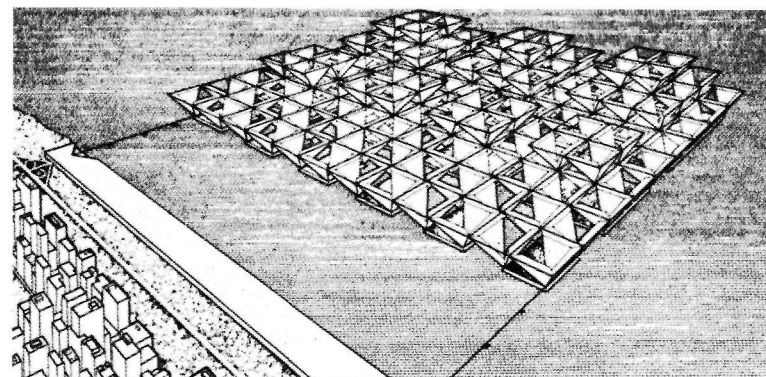
g, città «galleggiante» nel Principato di Monaco (arch. P. Maymont); h, città «galleggiante» per l'esposizione del 1976 alle Hawai (archh. J. Craven, H. Burgess, K. Kikutake); i, città «anfibia» dell'arch. Verdaux-Lacroix.

a	c
b	d
e	f

TAV. 169. — L'EDILIZIA DEL MARE

a, b, c, d, isola galleggiante semisommersa a 3 miglia dalla costa (a) di Monaco (prog. E. Albert, coll. Cousteau).

Ha forma pentagonale (cerchio circoscritto diametro 220 m) racchiudente uno spazio di mare ed è destinata ad attrezzature residenziali, di svago, commerciali e di ricerca (b, e, d). Il collegamento con la terraferma è assicurato da elicotteri e da un tunnel galleggiante a 15 m di profondità, dotato di tapis-roulant. L'ossatura portante è reticolare in acciaio; il dispositivo di galleggiamento è costituito da un tubo (diam. 6 m) collegato verticalmente, mediante cinque tubi della stessa dimensione, alla corona dei dodecaedri formanti il pentagono. Il controvento è assicurato da una serie di tetraedri realizzati con tubi di 3,5 m di diametro. La parte sommersa dell'isola raggiunge la profondità di 25 m, le sovrastrutture emergenti sono alte 25 m e la torre elicoidale raggiunge i 100 m. L'ancoraggio è realizzato con 5 cubi di c.a. da 1000 mc, ciascuno collegato ad un vertice del pentagono con cavi (b).

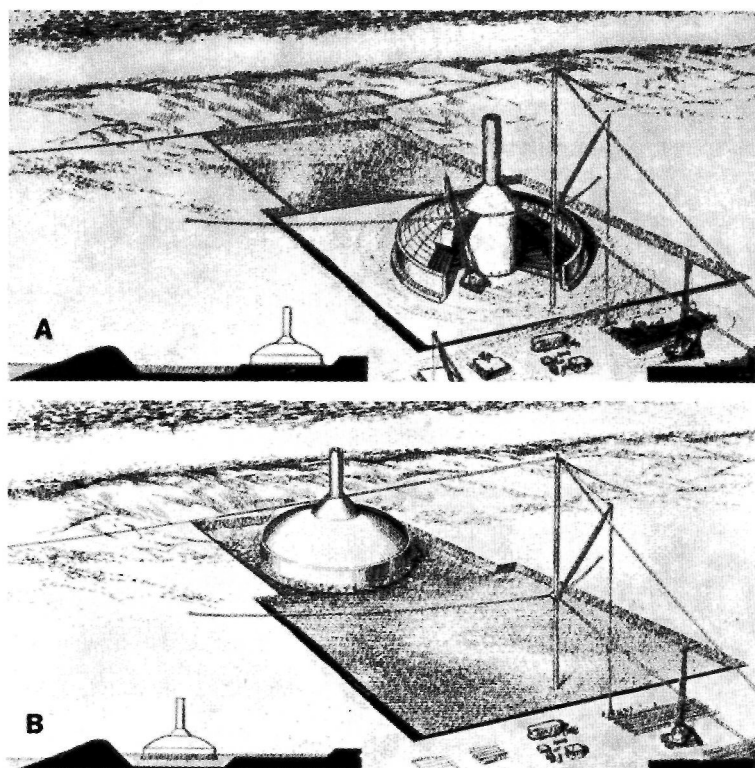
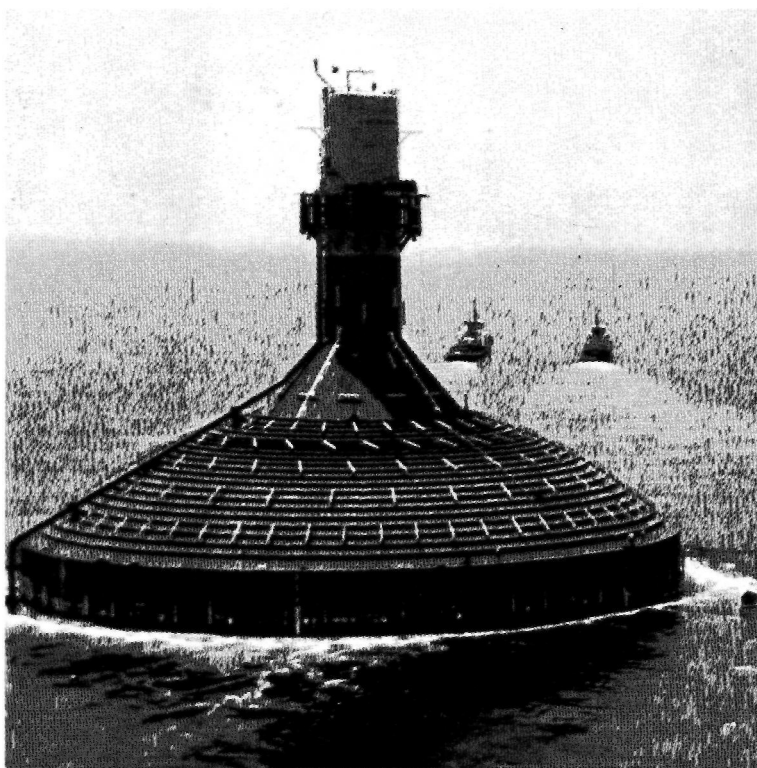
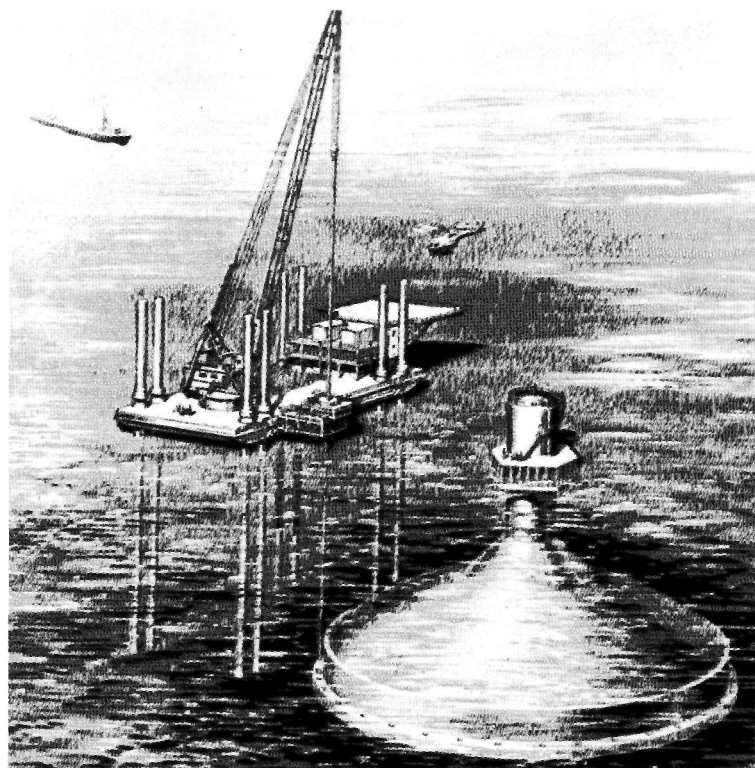
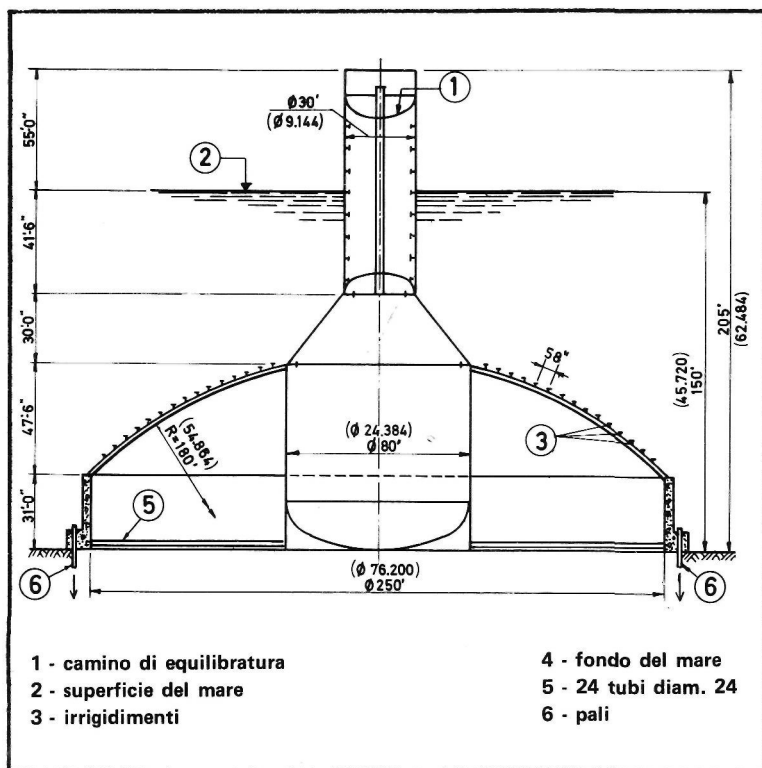
e, f, «Triton City», (B. Füller e coll.), isola galleggiante in prossimità della costa, con edifici fino a 20 piani.

Nasce dalla unione di «moduli» galleggianti di due tipi: uno a base triangolare di 6500 ab. (e), l'altro a base rettangolare di 1000 ab. accoppiabili a 4 o 6 elementi a costituire unità abitative. Sia il modulo galleggiante triangolare che l'insieme dei moduli a base rettangolare costituiscono unità residenziali complete di scuole e di servizi commerciali e amministrativi (f). Con la combininazione di più unità si ottengono: unità residenziali da 15.000 a 30.000 ab. con l'aggiunta di un modulo galleggiante per servizi sociali e commerciali; città da 90.000-200.000 ab. ottenute con unità residenziali, e l'aggiunta di moduli galleggianti per servizi a livello cittadino. Costruttivamente «Triton City» è una «macrostruttura» in cui sono inseribili cellule abitative e di servizio.

TAV. 170. — L'EDILIZIA DEL MARE

a, b, c, « Urban Matrix», proposta da S. Tigermann, è una città «galleggiante», da ubicare in prossimità delle coste, formata da 163 elementi tetraedrici. Ciascun elemento può costituire un'unità completa di vicinato, con centro residenziale, commerciale e amministrativo, oppure accogliere altre attività destinando, comunque, un 20% alla residenza. Industrie leggere sono previste a livello degli elementi portanti galleggianti, che sono ancorati al fondo marino mediante cavi.

d, e, albergo galleggiante sul Nilo, al Cairo, progettato da J. Dahinden, a forma di anello chiuso che racchiude uno spazio centrale aperto sul quale si affacciano le camere. L'ossatura portante poggia su cassoni galleggianti in calcestruzzo armato.

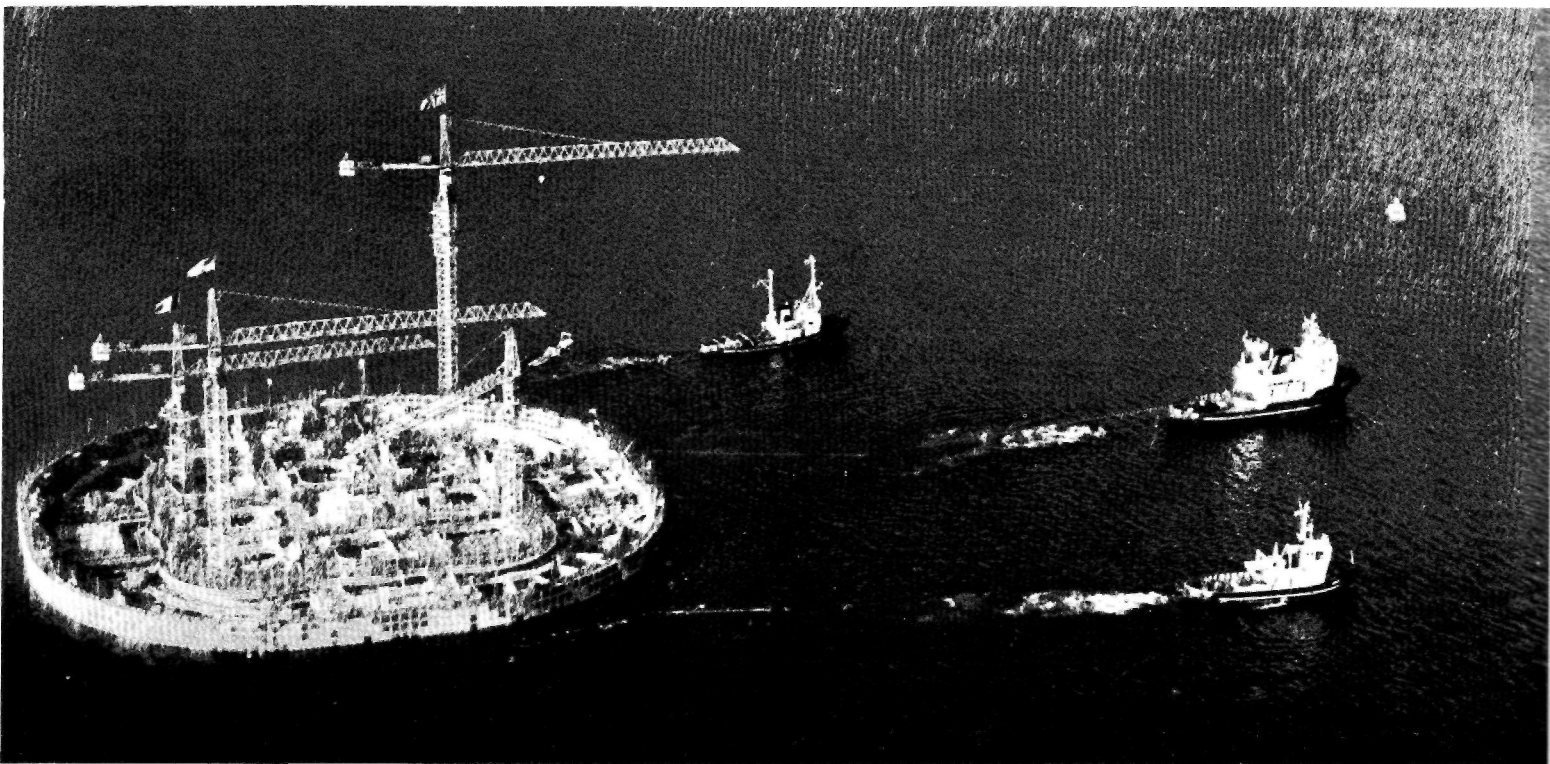
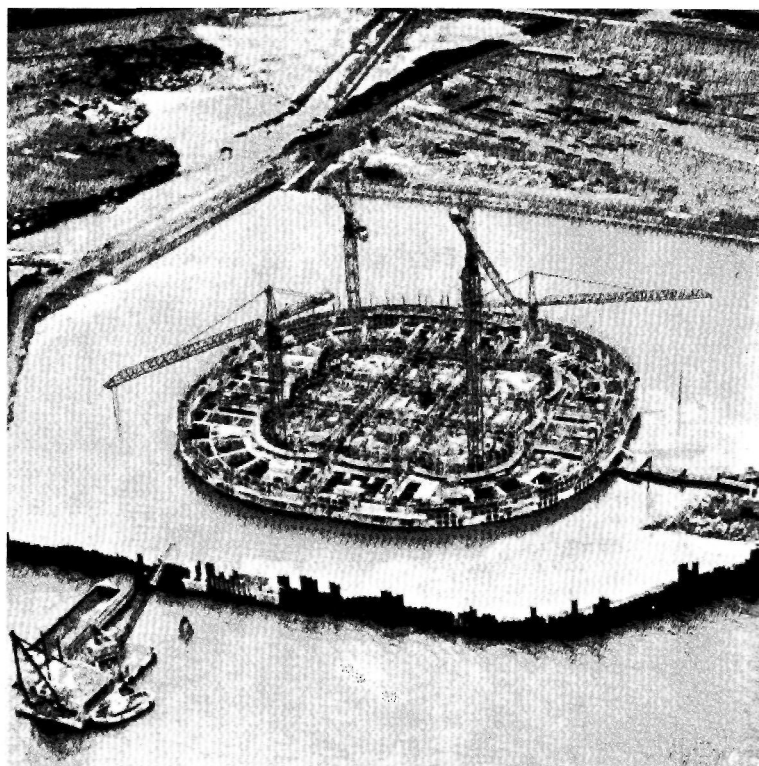
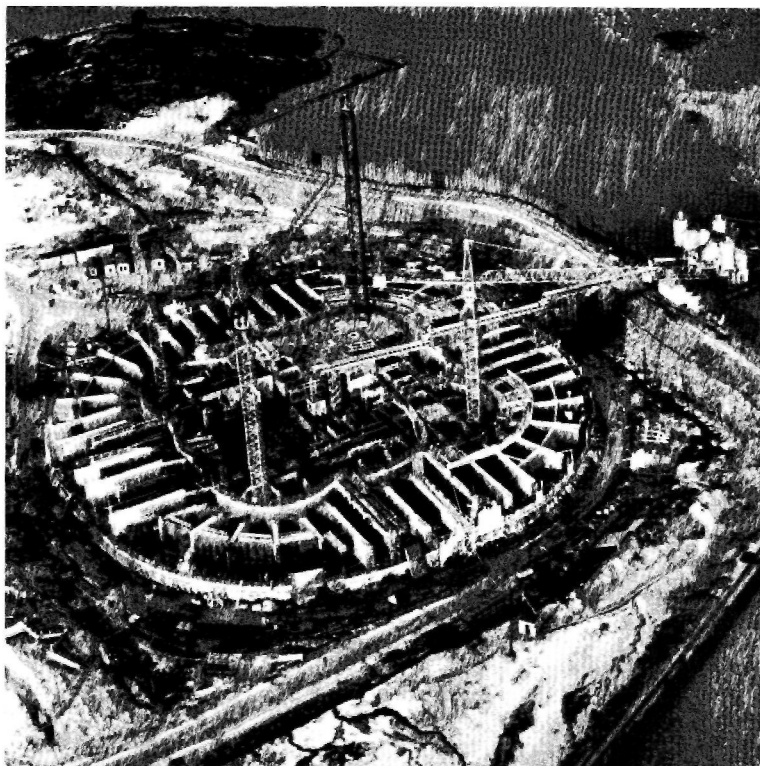
Nelle Tavv. 167, 168, 169 e 170 sono .riportati progetti relativi alla «espansione edilizia sul mare» per risolvere i problemi insediativi sulla terraferma, specie dei grandi agglomerati urbani litoranei. Sono evidenti i pericoli che un tale tipo di espansione sottende; quindi si dovrà ricorrere a questo genere di soluzione soltanto nei casi in cui obiettive ragioni di pianificazione lo giustificano e non certo per esigenze «monumentalistiche» di nuovo genere e tanto meno per promuovere la speculazione fondiaria sul mare. In ogni caso si deve operare in modo da conseguire una integrazione «naturale» del «costruito sul mare» con l'ambiente marino e l'addove si operi in città costiere determinare anche una relazione organica con il «costruito terrestre». Esaminando gli esempi illustrati si può rilevare che spesso non sono stati conseguiti questi risultati. Per quanto concerne i procedimenti costruttivi adottati si può notare che in alcuni sono mutuati da quelli impiegati per le installazioni di estrazione del petrolio e in altri se ne propongono di nuovi.

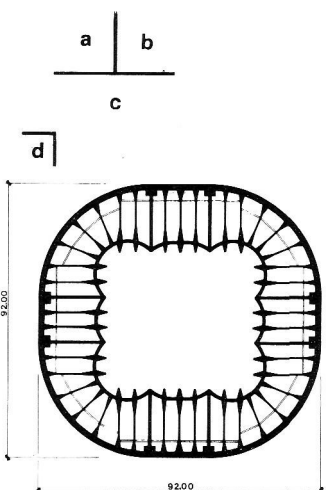
a | b
c | d

TAV. 171. — **L'EDILIZIA DEL MARE**

Attrezzatura portuale «off-shore» a serbatoi sottomarini per petrolio dislocata a 96 km al largo del Golfo Persico (progetto della Chicago Bridge & Iron Company). Ciascun serbatoio ha una capacità di 15.000 t, un diametro di 82,35 m e un'altezza di circa 61 m; è privo del fondo in quanto il suo funzionamento è basato sul principio dello spostamento della massa liquida (può essere riempito solo con acqua, con petrolio o con ambedue): il petrolio immesso sull'acqua comprimendola la fa uscire da apposite aperture sulla parete del serbatoio. Progettato per onde fino a 12 m e con periodicità di 105 m, il serbatoio è costituito da un contenitore formato da due pareti in acciaio con interposto del calcestruzzo (la rigidezza è affidata a dei tubi disposti radialmente sul fondo) e dalle «bottiglie» disposte al centro (del diametro di 24,40 m) necessarie per facilitare l'immersione. Il serbatoio è stato realizzato sulla terraferma vicino al mare con il sistema del doppio bacino, fig. d: A) primo bacino per il montaggio, poi sbarrato per riempirlo d'acqua e permettere il galleggiamento del serbatoio nel secondo bacino; B) una volta nel secondo bacino, con il fondo al di sotto del livello del mare, il serbatoio è varato con apertura dello sbarramento. Il trasporto in mare con rimorchiatori (e) è stato effettuato pompando aria all'interno del serbatoio che è senza fondo e quindi per controbilanciare il peso è stata anche sfruttata l'azione equilibratrice delle «bottiglie». Dopo l'operazione di immersione il serbatoio, che è sottoposto a notevoli forze dinamiche dovute alle onde e alle correnti sottomarine, è stato ancorato al fondale mediante 30 pali « gettati » del diametro di 0,91 m e lunghi 27,45 m (a, b).

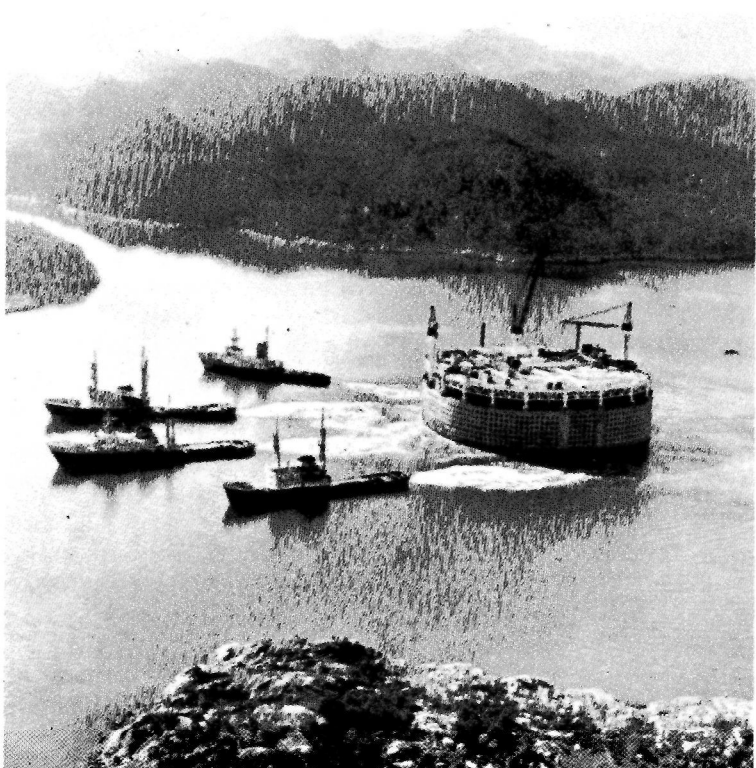
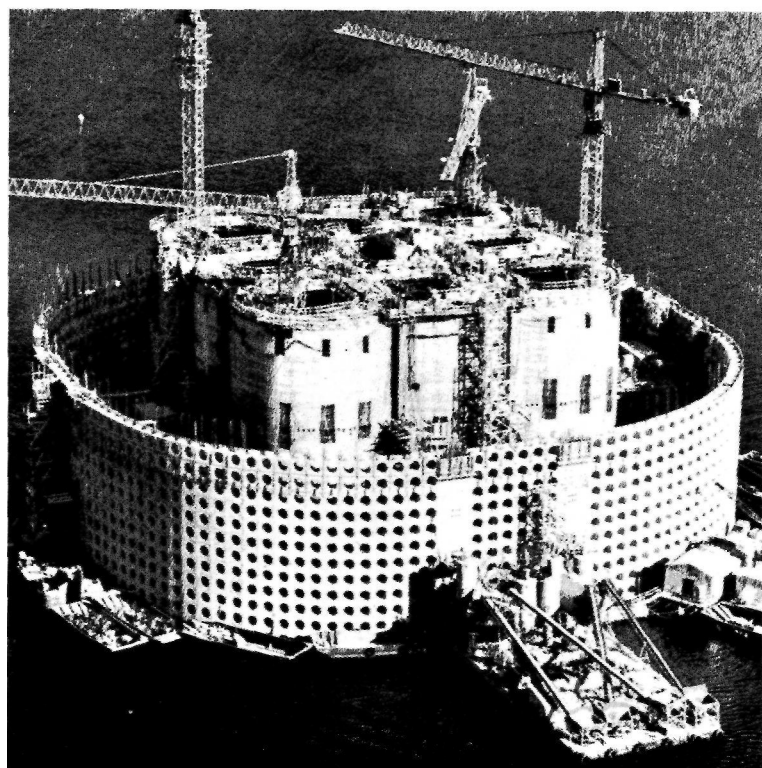
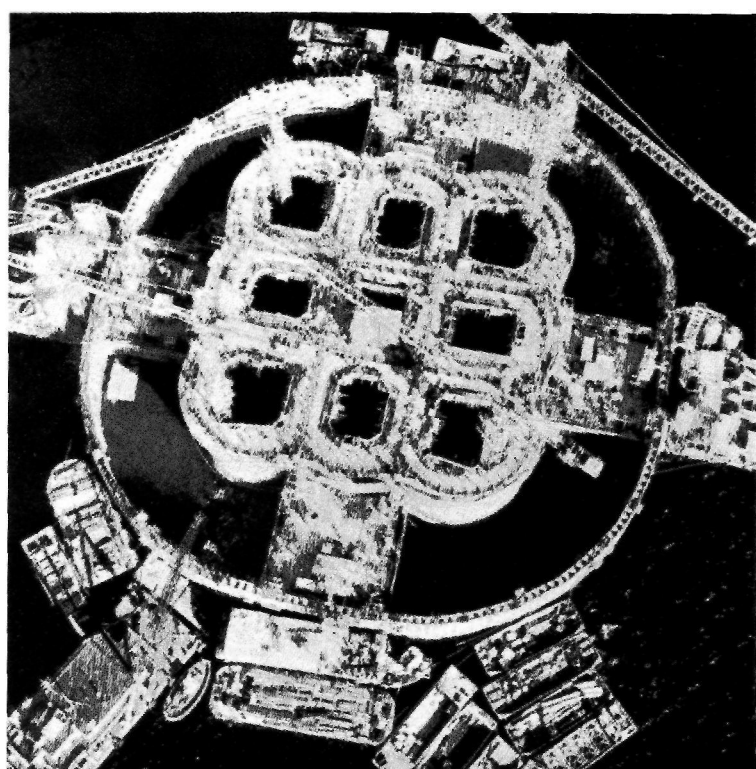
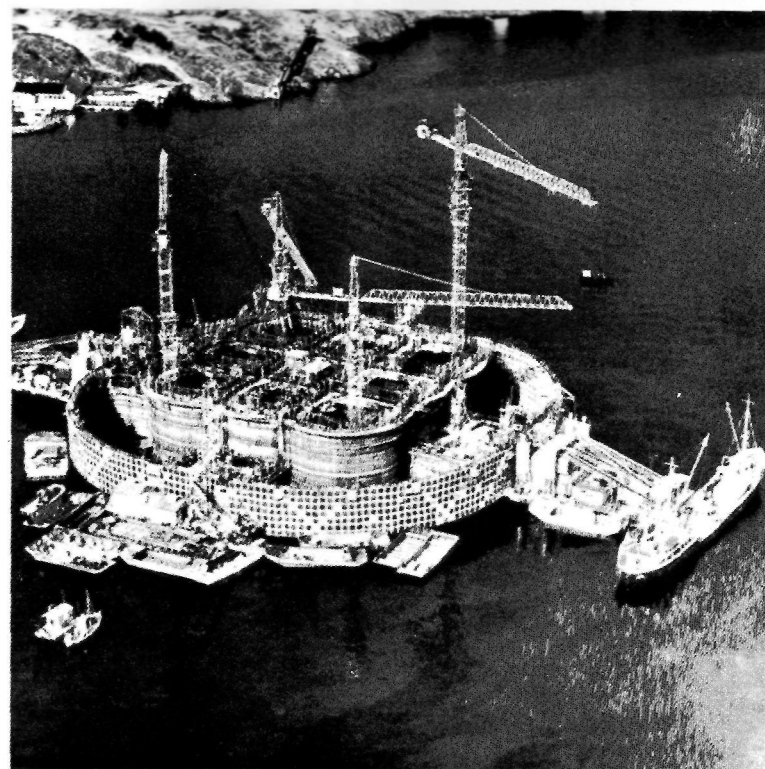
a | b

c

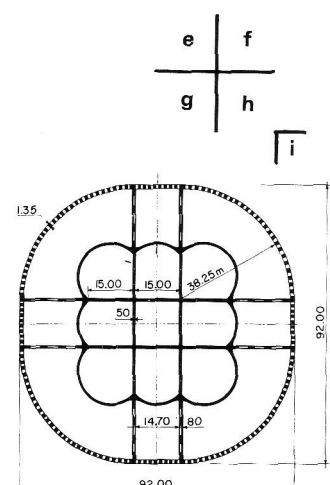
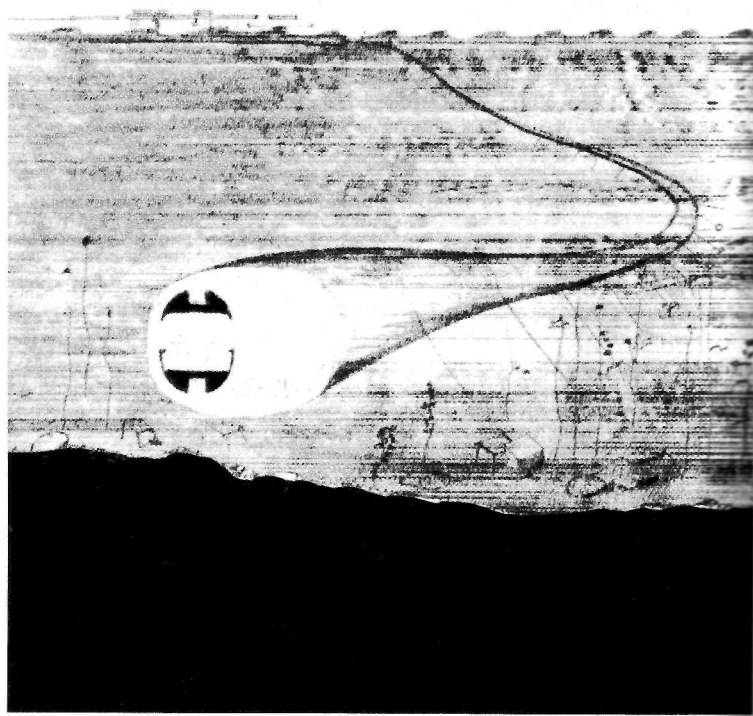
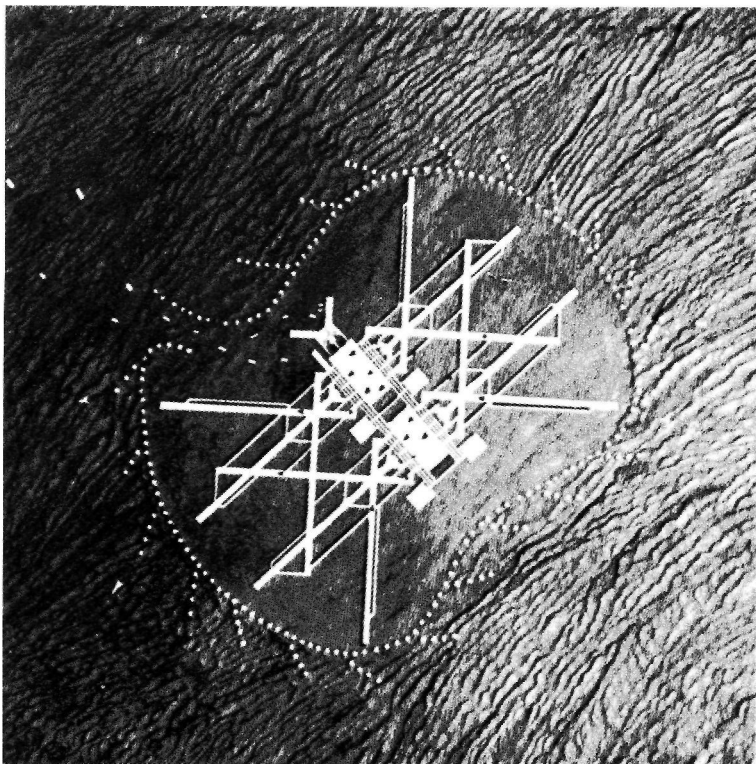
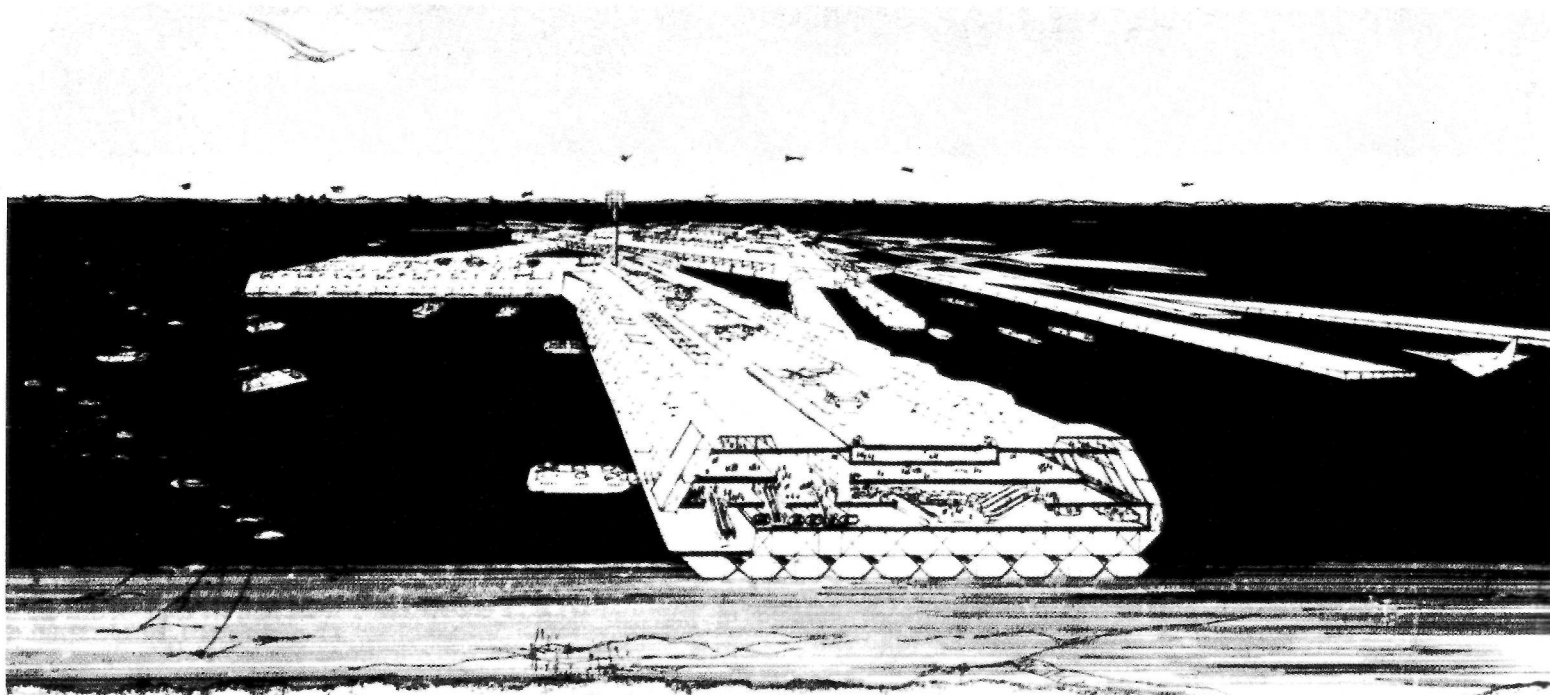
d

TAVV. 172-173. — L'EDILIZIA DEL MARE

Con la funzione di porto «off-shore» per il petrolio estratto dai giacimenti di Ekofisk è stata realizzata nel Mare del Nord una vera e propria isola artificiale in c.a. precompresso. L'isola-serbatoio, della capacità di 160.000 tonn, progettata da C. G. Doris dista dalla costa 270 km e poggia sul fondo del mare ad una profondità di 70 m. Ha un diametro di circa 100 m compresa la parete alveolata frangi-flutti; il serbatoio vero e proprio è diviso in 9 celle ed occupa un'area di circa 2500 mq. La parete frangi-flutti è stata realizzata con elementi prefabbricati, mentre il serbatoio è stato costruito con casseforme rampanti. La costruzione è iniziata

a, veduta del bacino a secco ubicato nella Baia di Jattavagen: fase realizzativa della fondazione costituita da 169 celle (da zavorrare successivamente); b, varo dell'insieme formato dalle opere di fondazione; c, rimorchio verso il fiordo di Stavanger; d, pianta delle fondazioni.

e | f
g | h

i

(segue)

sulla terraferma in un bacino all'asciutto; successivamente, una volta reso galleggiante, l'insieme è stato rimorchiato via mare fino al fiordo di Stavanger, dove è stato completato nelle sovrastrutture e corredato dei macchinari. Una volta ultimata la costruzione si è provveduto al trasporto mediante 4 rimorchiatori sul punto di localizzazione dove si è effettuato l'affondamento progressivo riempiendo i serbatoi con acqua e zavorrando con sabbia, fino a raggiungere il fondale ad una profondità di circa 70 metri.

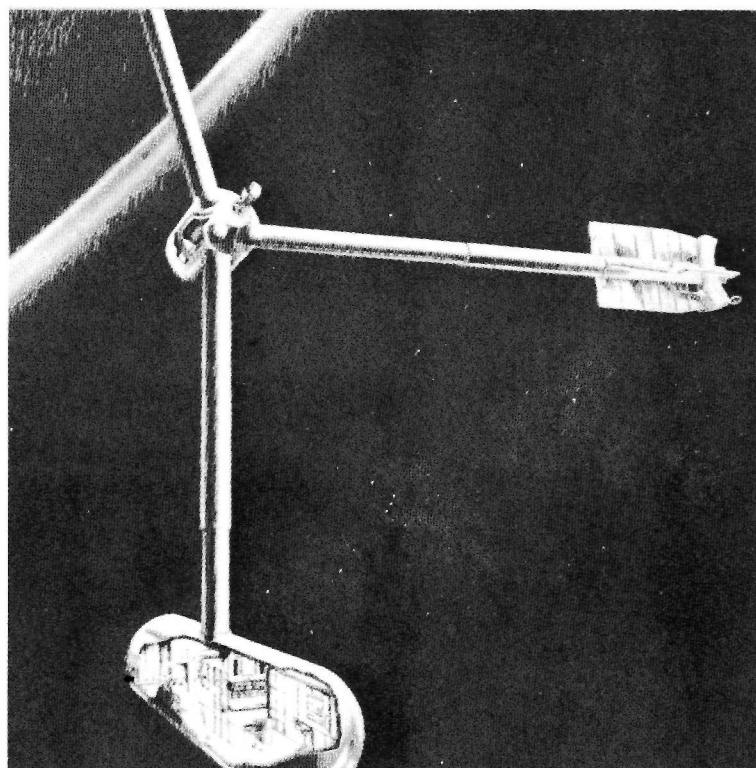
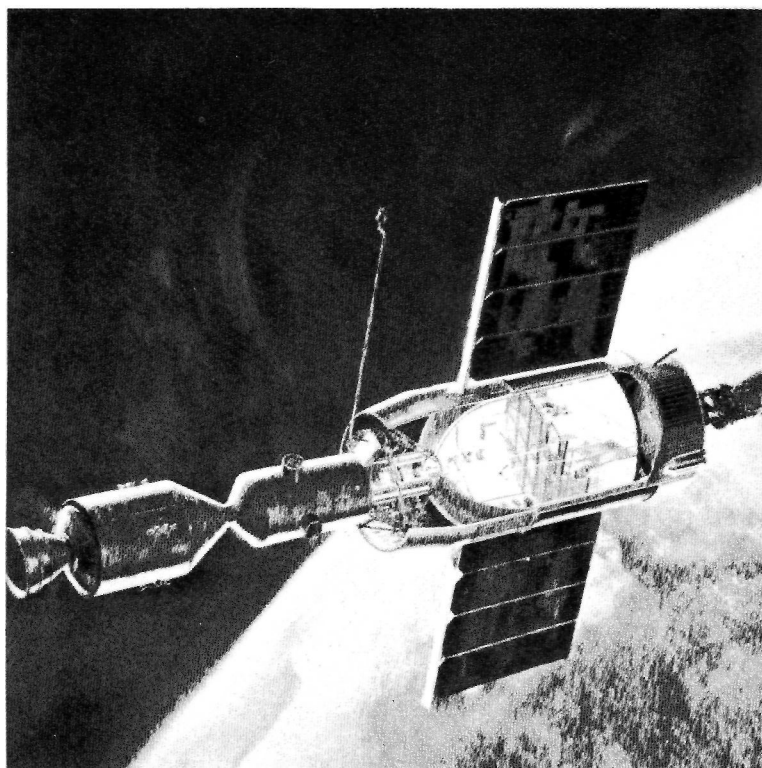
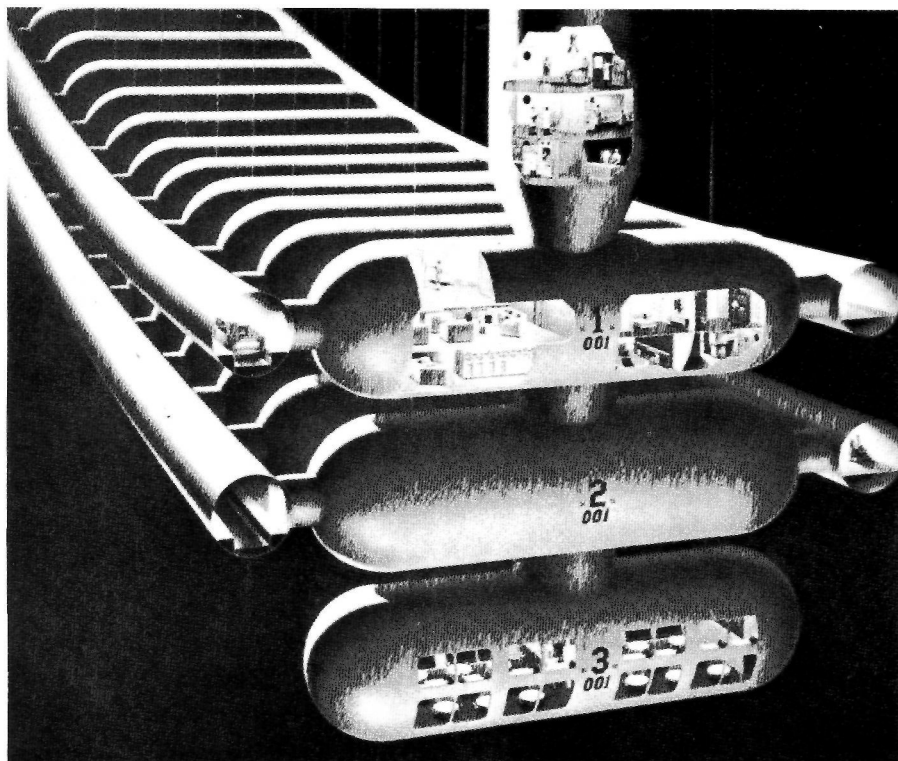
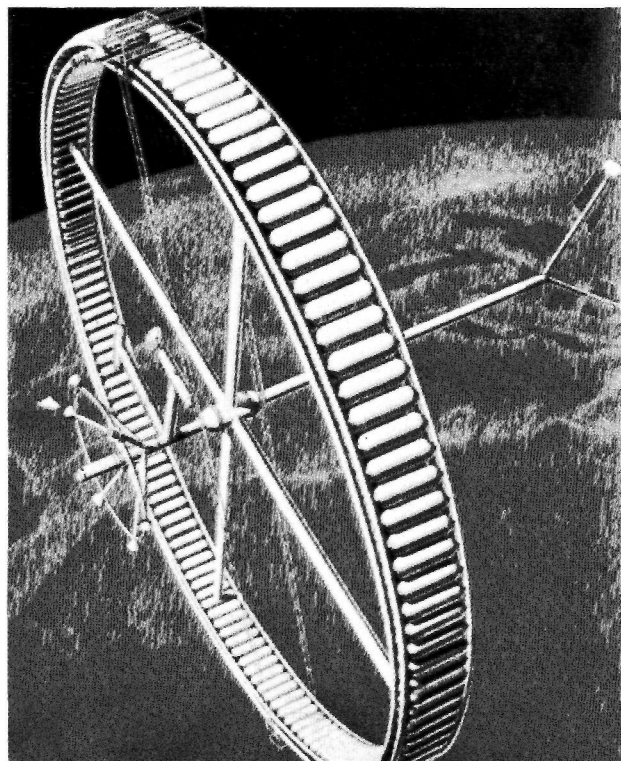
e, f, fasi della costruzione nel fiordo di Stavanger; g, l'isola artificiale completata: all'esterno la parete alveolare frangi-flutti (altezza 82 m), all'interno il nucleo di serbatoi (altezza 90 m); h, dopo la costruzione avviene il trasporto verso il punto di localizzazione (giacimenti di Ekofisk); i, pianta a quota serbatoi.

a

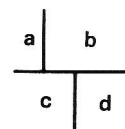
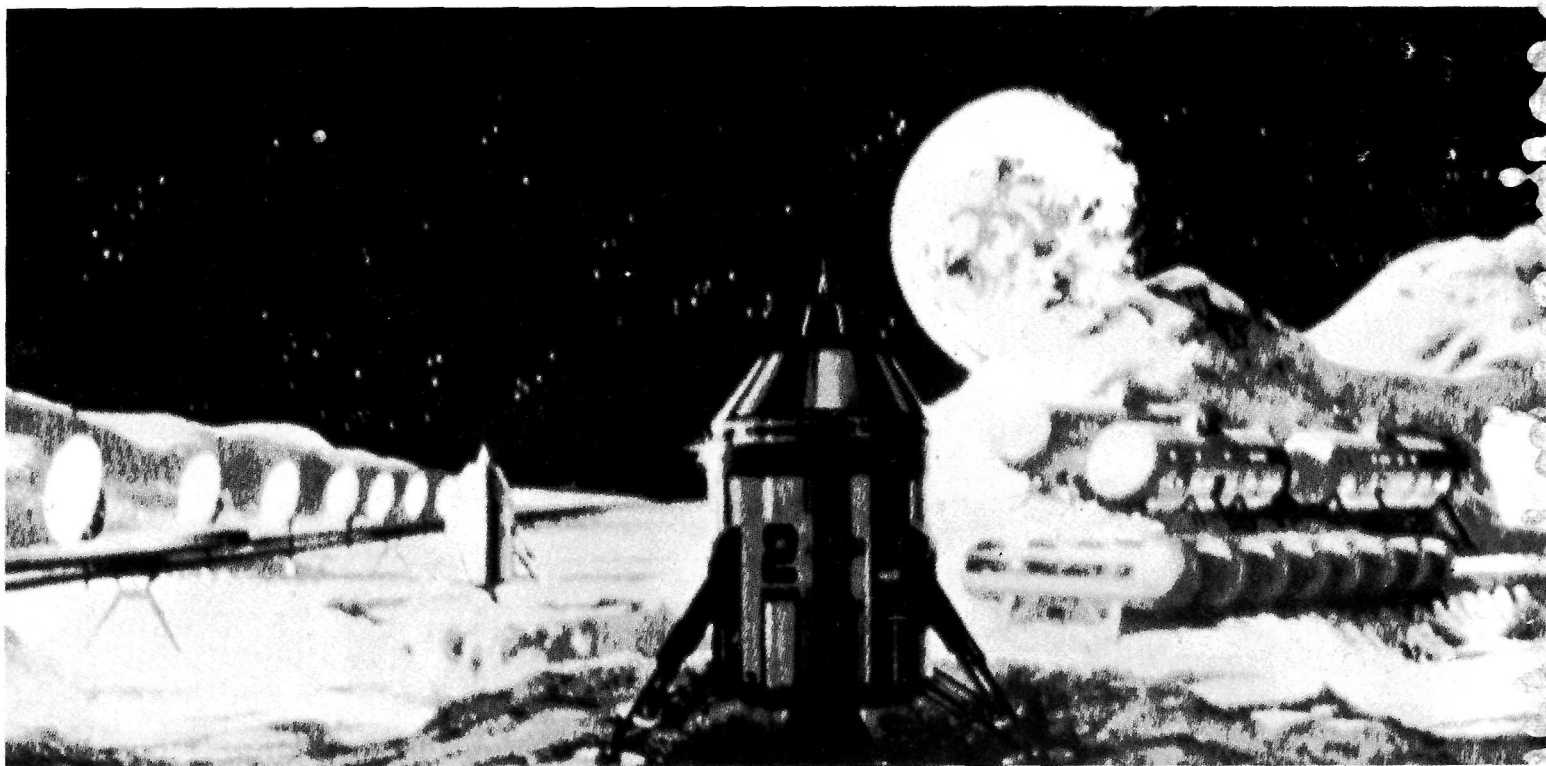
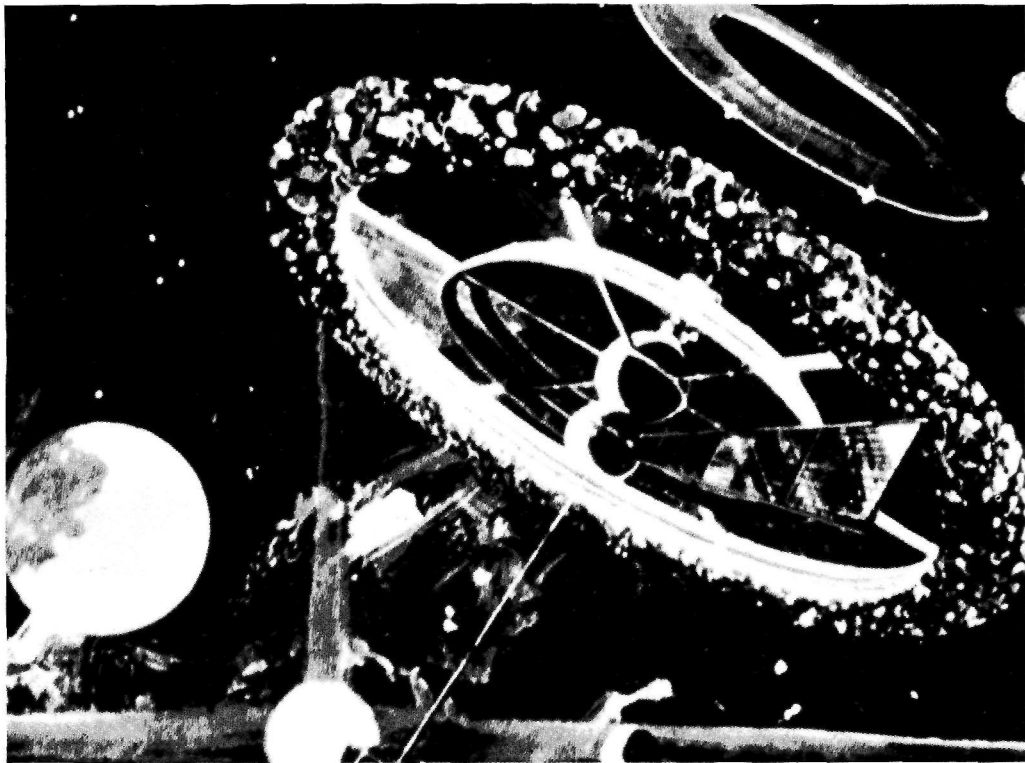
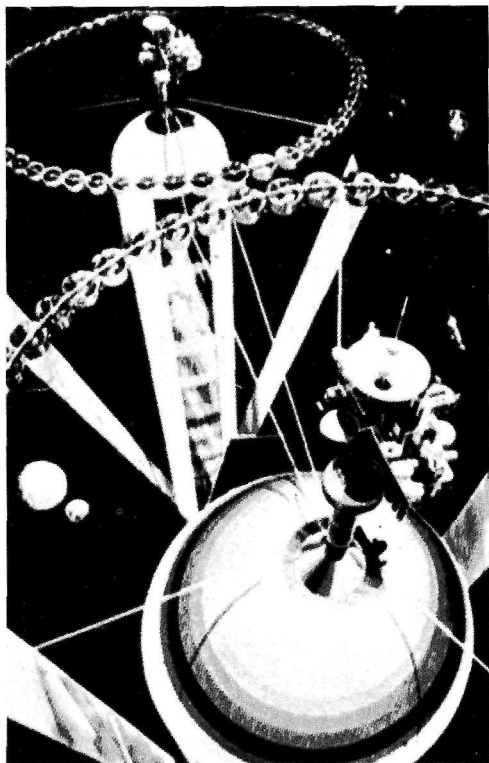
b | c

TAV. 174. — L'EDILIZIA DEL MARE

Progetto per un aeroporto galleggiante a New York degli archh. C. G. Gallichio e J. A. Dabrowski. L'aeroporto dovrebbe essere suscettibile di accogliere 80.000.000 di passeggeri per l'anno 1980 con aerei della capacità di 490 posti (Boening 747) e in futuro di 1000 posti. La localizzazione nel mare consente di raggiungerlo da Manhattan in 20 minuti. Il complesso a sviluppo lineare è basato sul tipo dell'isola galleggiante «a fondo piatto» costruibile mediante elementi prefabbricati. La sua realizzazione può avvenire per trance in tempi relativamente brevi. Il collegamento alla terraferma è assicurato da un tubo subacqueo galleggiante, tipo metropolitana, nonché da elicotteri e hovercrafts.

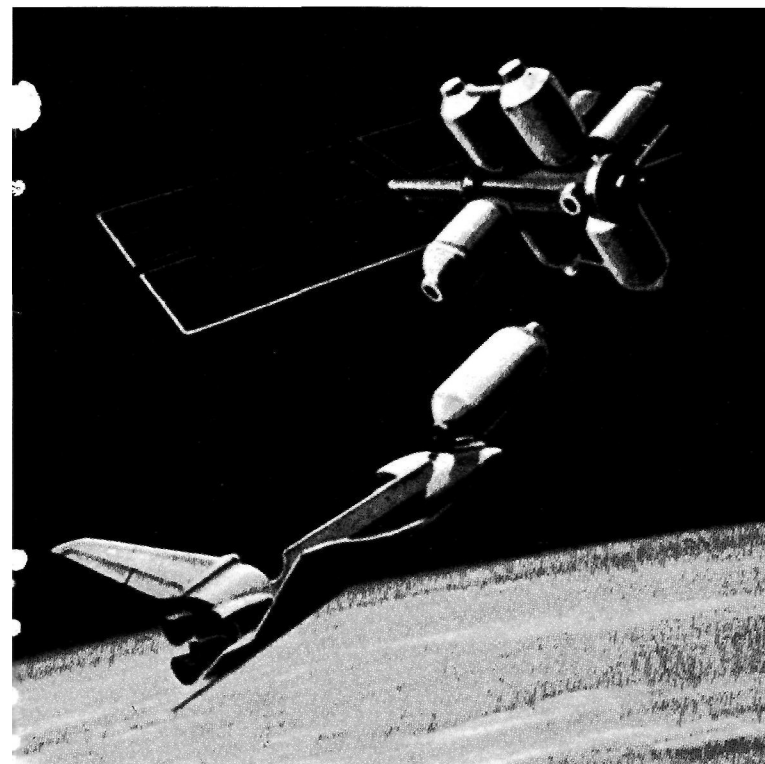
a, spaccato prospettico; b, plastico generale (notare il sistema di frangi-flutti intorno all'infrastruttura); c, il tunnel subacqueo galleggiante.

a | b
c | d

TAV. 175. — L'EDILIZIA DELLO SPAZIO

a, b, progetto di una città nello spazio per circa 4000 abitanti. La gigantesca ruota è formata di « moduli » contenenti uffici, laboratori, residenze e hotel. Il collegamento con la terra è previsto mediante un sistema di «traghetti spaziali»; c, idea di stazione spaziale Saturn (S-IVB) nell'Extended Apollo Program: ottenuta convertendo l'interno del serbatoio di propellente consumato (300 mc. circa) in ambienti di abitazione e di lavoro; d, laboratorio spaziale a tre « raggi »: all'estremità del raggio superiore è disposto un modulo di comando tipo «Apollo» modificato; all'estremità del raggio inferiore vi è il modulo laboratorio; sul raggio destro è disloccato un reattore nucleare per fornire l'energia necessaria. Nel punto di convergenza dei tre raggi vi è un ambiente protetto dall'azione solare. L'insieme per determinare l'effetto gravitazionale all'interno degli abitacoli ruota intorno al suo asse. I « raggi » sono cavi per consentire agli astronauti di trasferirsi da un abitacolo all'altro.

a | b
c

TAV. 176. — L'EDILIZIA DELLO SPAZIO

Illustrazioni del progetto « Libration 5» per un insediamento di 10.000 abitanti fra la Terra e la Luna, descritto nel testo.

a, b, disegni della Boening Company che mostrano nell'insieme la città spaziale formata da due cilindri ruotanti su di un asse e lunghi 1 km; c, visione d'insieme di una base che fornisce i materiali per la costruzione della città spaziale.

TAV. 177. — L'EDILIZIA DELLO SPAZIO

(segue da Tav. 176)

d, laboratori spaziali e navicelle spaziali di rifornimento e dì collegamento; e, plastico di una città spaziale che tende a riprodurre artificialmente l'ambiente terrestre; f, spaccato prospettico della città per 10.000 abitanti da una foto della Arthur D. Little inc.

d | e
f

Fonti delle illustrazioni

FIGURE

Fig. 16: a, *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato normale e precompresso e strutture metalliche* - Ed. L. G. Pirola- Milano 1963; b, *Norme di sicurezza e di prevenzione contro gli incendi* - Ed. L. G. Pirola- Milano 1963.

Fig. 17: *Gazzetta Ufficiale* del 2-2-1976 - Poligrafico dello Stato.

Fig. 18: *Relazione Gui* - 2-10-1964.

Fig. 19: Tecnocasa - *La situazione della casa in Italia* - Ed. F. Angeli - Milano 1976.

Fig. 20: L. Firpo - *Leonardo architetto e urbanista* - Ed. UTET - Torino 1963.

Fig. 21: L. Firpo - *Leonardo architetto* e *urbanista* - Ed. UTET - Torino 1963.

Fig. 22: L. Benevolo - *Storia della città* - Ed. Laterza - Bari 1975.

Fig. 23: Hitchoock Lloyd ed altri - *L'architettura nei secoli* - Ed. Mondadori - Milano 1965.

Fig. 24: a, G. Cataldi - *Sistemi statici in architettura* - Ed. Teorema- Firenze 1974; b, L. Dodi - *Città e territorio* - Ed. Tamburini - Milano 1972.

Fig. 25: D. Chenut - *Ipotesi per un habitat contemporaneo* - Ed. Mondadori - Milano 1968.

Fig. 26: Foto dell'autore.

Fig. 27: Foto dell'autore.

Fig. 28: a, *Quaderno n"3* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari; b, E. Mandolesi - *Edilizia industrializzata in acciaio.* - Ed. U.I.S.A.A. - Milano 1968.

Fig. 29: I plastici rinforzati per l'edilizia - Balzaretti Modigliani S.p.A.

Fig. 30: Foto dell'autore.

Fig. 31 : P. Oliver - *Shelter in Africa* - Ed. Barrieg Jenkins - Londra 1971.

Fig. 32: D. Volpi - */ quindici* - Ed. Field Enterprises Educational Corporation - Chicago 1964.

Fig. 33: Riv. *Techniques* & *Architecture.*

Fig. 34: Foto dell'autore.

Fig. 35: H. Hibbard - *Maderno* - Ed. A. Zwemmer Ltd - Londra 1971.

Fig. 36: Riv. *Fìnsider.*

Fig. 37: M. Negroponte- *The Architecture Machine*- Ed. TheMit. Press Cambridge Massachusetts - Londra 1970.

Fig. 38: M. Foti - M. Zaffagnini - *La sfida elettronica* - Ed. Ente Autonomo Fiere di Bologna 1969.

Fig. 39: A. Grabar - C. Nordonfalk - *Le Haute Moyen age* - Ed. A. Skirà - Ginevra 1957.

Fig. 40: A. Grabar - C. Nordonfalk - *Le Haute Moyen age* - Ed. A. Skirà - Ginevra 1957.

Fig. 41: I. Bessoni - // reafro *degl'istrumenti* - Ed. B. Vincenti - Lione 1582.

Fig. 42: *Recueil de planches,* Tomo I - Ed. C. Pellet - Ginevra 1778.

Fig. 43: C. Aymonino - *Il significato delle città* - Ed. Laterza - Bari 1975.

Fig. 44: Grafico.

Fig. 45: V. Zignoli - *Costruzioni edili* - Ed. UTET - Torino 1974.

Fig. 46: Grafico.

Fig. 47: Foto Parisio.

Fig. 48: Riv. *Urbanistica.*

Fig. 49: Riv. *Urbanistica.*

Fig. 50: A. R. Cerutti - *Processo progettuale e partecipazione* - Ed. Bulzoni - Roma 1975.

Fig. 51: Foto dell'autore.

Fig. 52: Foto dell'autore.

Fig. 53: Tecnocasa - *Prospettive di industrializzazioni edilizie* - Ed. F. Angeli - Milano 1976.

Fig. 54: Grafico.

Fig. 55: Grafico.

Fig. 56: A.C.E.R. - Roma.

Fig. 57: *Cento anni di edilizia* - Ed. Soc. Generale Immobiliare - Roma 1963.

Fig. 58: S.C. Brees - The Illustrateci glossary of Practical Architecture - 1852.

Fig. 59: S.A. Guirande Auffeve - Francia.

Fig. 60: Riv. *Lotus.*

Fig. 61 : Foto Filippo Cannevali - Roma.

Fig. 62: L. Guarneri - *Elementi costruttivi nell'architettura* - Ed. Górlich - Milano 1965.

Fig. 63: Papa S.p.A. - San Dona di Piave (Ve).

Fig. 64: M.B.M. Meregaglia S.p.A. Trezzano sul Naviglio (Milano).

Fig. 65: Riv. *Lipe.*

Fig. 66: Riv. *Lipe.*

Fig. 67: Riv. *Lipe.*

Fig. 68: Riv. *Techniques* & *Architecture.*

Fig. 69: Riv. *Cinquemattoni.*

Fig. 70: Riv. *Techniques* & *Architecture.*

Fig. 71: M. Biver -*Le Paris de Napoleòn* - Ed. Librerie Plon - Parigi 1963.

Fig. 72: Riv. L'*architecture d'aujourd'hui.*

Fig. 73: Le Corbusier - *Oeuvre Complète* - Ed. Les Editions d'Architecture - Zurigo 1965.

Fig. 74: B. Zevi - *Cronache di Architettura* - Ed. Laterza - Bari 1970.

Fig. 75: B. Huber - J.C. Steinegger - *Jean Prouvè* - Ed. Les Editions d'architecture - Zurigo 1965.

Fig. 76: B. Huber - J.C. Steinegger - *Jean Prouvè* - Ed. Les Editions d'architecture - Zurigo 1965.

Fig. 77: Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*

Fig. 78: Grafico.
Fig. 79: Italstat S.p.A. - Roma.
Fig. 80: Ditta Volani - Rovereto.
Fig. 81: Italstat S.p.A. - Roma.
Fig. 82: N. Dovey - Sfora *del materiale da costruzione* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1961.
Fig. 83: L. Benevolo - *Corso di Disegno 3" - L'arte e la città medioevale* - Ed. Laterza - Bari 1974.
Fig. 84: Foto Alinari.
Fig. 85: C. Singer - E. J Holmyard - A. R. Hall - T. I. Williams -*Storia della tecnologia* - Ed. Boringhieri - Torino 1976.
Fig. 86: C. Singer - E. J. Holmyard - A. R. Hall - T. I. Williams - *Storia della tecnologia* - Ed. Boringhieri - Torino 1976.
Fig. 87: *Recueil de planches,* Tomo I - Ed. C. Pellet - Ginevra 1778.
Fig. 88: D. Diderot - I.L.R. D'Alembert - *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des artes e des mètiers* - Voi. Il - Ed. Carpente - Parigi 1751-56.
Fig. 89: E. Child - *Dal Palazzo di Cristallo al Palais des lllusions* - Ed. Vallecchi - Firenze 1971.
Fig. 90: Riv. *Domus.*
Da fig. 91 a fig. 99: Grafici.
Fig. 100: *L'acciaio nell'edilizia moderna* - Ed. Agis Stringa per conto dell'Italsider - Genova 1966.
Fig. 101 : C. Semenzato -*La Rotonda di A. Palladio* - Ed. C. I. di Studi di Architettura - «A. Palladio» - Vicenza 1968.
Da fig. 102 a fig. 120: Grafici.
Fig. 121 : M. Vandenberg ed altri - *AJ. Handbook of Building Enclosure* - The Architectural Press - Londra 1974.
Da fig. 122 a fig. 129: Grafici.
Fig. 130: Riv. *L'acciaio.*
Fig. 131: E. Fratelli - *Una autodisciplina per l'Architettura* - Ed. Dedalo - Bari 1973.
Figg. 132-133-134: E. Child - *Dal Palazzo di Cristallo al Palais des lllusions* - Ed. Vallecchi - Firenze 1971.
Figg. 135-136-137: B. Kelly - *The Prefabrication of house* - Ed. Chapman, Hall, Ltd. - Londra 1951.
Fig. 138: Riv. *Techniques & Architecture.*
Figg. 139-140: Grafici.
Figg. 141-142: Foto dell'autore.
Fig. 143: *Quaderno n° 2* - della Facoltà di Ingegneria di Cagliari.
Fig. 144: Grafico.
Fig. 145: P. Carbonara - *Architettura pratica* - Ed. UTET - Torino 1976.
Da fig. 146 a fig. 176: Grafici.
Fig. 177: a,b, Grafici; c, T. Schimd, C. Testa - *Systems Building* - Ed. Pali Mail Press - Londra 1969.
Fig. 178: a, Grafico; b, D. Chenut - *Ipotesi per un habitat contemporaneo* - Ed. Mondadori - Milano 1972; e, Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*
Fig. 179: Z.S. Makowski - *Steel space structures* - Ed. M. Joseph - Londra 1965.
Da fig. 180 a fig. 184: Grafici.
Fig. 185: Riv. *L'industria delle costruzioni.*
Fig. 186: Foto Mulas.
Fig. 187: Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*
Fig. 188: Grafico.
Fig. 189: Riv. *Domus.*
Fig. 190: Riv. *L'industria delle costruzioni.*
Da fig. 191 a fig. 204: Compagnie Francaise Entrepris Metalliques - Paris.
Fig. 205: Riv. *Deutsche Bauzeitung.*
Fig. 206: Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*
Figg. 207-208-209: Grafici.
Figg. 210-211-212: W. Zuck - R.H. Clark - *Kinetic Architecture* - Ed. Van Nostrand Reinhold - New York 1970.
Fig. 213: Riv. *L'industria delle costruzioni.*
Figg. 214-215: Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*
Figg. 216-217-218-219: Grafici.
Fig. 220: Hitchoock - Lloyd ed altri - *Architettura nei secoli* - Ed. Mondadori - Milano 1965.
Fig. 221 : L. Benevolo - *Storia delle città* - Ed. Laterza - Bari 1975.
Fig. 222: Venezia e la sua laguna - Touring Club Italiano - Milano 1963.
Fig. 223: Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*
Fig. 224: L. Benevolo - *Storia delle città* - Ed. Laterza - Bari 1975.
Figg. 225-226-227: E. Tempel - *Nuova architettura giapponese* - Ed. di Comunità - Milano 1969.
Fig. 228: Riv. *Casabella.*
Figg. 229-231-232: A. Hodkinson - *Building Structure* - Architectural Press - Londra 1974.
Figg. 230-233: Riv. *Dock and Harbour Authority.*
Figg. 234-235-236: Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*
Figg. 237-238-239: Riv. *L'industria italiana del cemento.*
Figg. 240-241 : Foto Traini - Zallocco.
Fig. 242: Riv. *Compressed Air.*
Figg. 243-244: Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*
Fig. 245: a, grafici; b, c, Tecnomare Venezia.
Fig. 246: W. Zuck - R.H. Clark - *Kinetic Architecture* - Ed. Van Nostrand Reinhold - New York 1970.

TAVOLE

Tav. 1: **a,** H. Kitao - *Wall and fence* - Photograph Architecture - Japan - **b,** G.R. Collins - *Antonio Gaudí* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1960; **c,** Riv. *L'industria Italiana del cemento;* **d,** B. Zevi - *Spazi dell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973; **e,** E. Mandolesi - *Divagazione sul mattone* - Ed. Palombi - Roma 1958; **f,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **g,** foto Archivio Istituto Architettura, edilizia e tecnica urbanistica - Facoltà di Ingegneria - Roma; **h,** FF.SS.; **i,** A. Galardi - *Architettura italiana contemporanea* - Ed. di Comunità - Milano 1967.

Tav. 2: **a,** M. e M. Fagiolo dell'Arco - *Bernini* - Ed. Bulzoni - Roma 1967; **b,** G. Smith - *L'Italia costruisce* - Ed. di Comunità - Milano 1970; **c,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **d,** *L'acciaio per la zootecnia* - Italsider Genova; **e,** Riv. *Domus;* **f,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **g,** *Il Milione* - Ed. Istituto Geografico De Agostini - Novara 1960; **h,** E. Tempel - *Nuova architettura giapponese* - Ed. di Comunità - Milano 1969; **i,** *Italy: the new domestic landscape* - The Museum of Modern Art - New York - Ed. E. Ambasz 1972.

Tav. 3 : **a,** Riv. *Baumeister;* **b, f,** K. Fleig - *Alvar Aalto* - Ed. D'architecture Artemis - Zurigo 1970; **c, e,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **d,** foto Ken Lambert; **g,** Galardi - *Architettura Italiana contemporanea* - Ed. Comunità - Milano 1967; **h,** *Handbuck Moderner Architektur* - Ed. Safari - Berlino 1957; **i,** Riv. *L'industria italiana del cemento.*

Tav. 4: **a,** foto Ente Delta Padano; **b,** W. Roggersdorf - *Au royam de la chemie* - Ed. Econ - Düsseldorf 1965; **c,** B. Zevi - *Spazi dell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973; **d,** foto Derby Aerosurweys Ltd. Elstree.

Tav. 5: **a, b,** *Enciclopedia universale dell'arte* - Ed. Sansoni - Firenze 1963; **c,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **d,** Riv. *L'industria italiana del cemento.*

Tav. 6: **a, c, h,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **b,** foto Publifoto; **d,** monografia UISAA; **e,** FF.SS.; **f,** *Cento anni di edilizia* - Soc. Generale Immobiliare - Roma 1963; **g,** foto Fotocielo; **i,** foto Fairchild Aerial Surveys.

Tav. 7: **a,** Riv. *L'industria delle costruzioni;* **b,** Riv. *Prefabbricare;* **c, e, g,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **d,** A. Galardi - *Architettura italiana contemporanea* - Ed. Comunità - Milano 1967; **f,** foto arch. M. Magistrelli; **h,** Riv. *Altiforni acciaierie in Italia dell'ILVA;* **i,** foto ing. G. Croci.

Tav. 8: **a,** fotomontaggio; **b,** Italsider S.p.A. - Genova; **c,** ditta Focchi Rimini; **d,** Gang Nail ABC Europe S.A. Bruxelles; **e,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **f,** Vianini S.p.A. Roma; **g,** Sabe S.p.A. Cartoceto Pesaro; **h,** fotomontaggio; **i,** William Old (Resiform) Londra.

Tav. 9: **a,** D. Beretta - *I Quindici, vol. V* - Field Enterprises Educational Corporation - Chicago 1954; **b,** foto Mastrorilli; **c, d,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*

Tav. 10: Riv. *Domus.*

Tav. 11: Le Corbusier - *Oeuvre complète* - Ed. Les editions d'Architecture - Zurigo 1965.

Tav. 12: **a, b,** D. Chenut - *Ipotesi per un habitat contemporaneo* - Ed. Mondadori - Milano 1968; **c,** disegni dell'autore.

Tav. 13: **a, f,** *Architecture formes functions* - Ed. Anthony Krafft - Losanna 1971; **b,** Riv. *Domus;* **c,** foto dell'autore; **d, e,** W. Zuck-R.H.Clark - *Kinetic Architecture* - Ed. Van Nostrand Reinhold Company - New York 1970; **g, h,** Y. Friedmann - *Pour une architecture scientifique* - Ed. P. Belfoud - Parigi 1971.

Tav. 14: **a,** B. Rudofsky - *Architecture without architects* - Ed. Accademy - Londra 1964; **b, c, d,** foto Almagià - Institut Clarus - Galloway.

Tav. 15: **a, b, c, d, f,** B. Rudofsky - *Architecture without architects* - Ed. Accademy - Londra 1964; **e,** Riv. *Architectural record;* **g,** Riv. *Industria delle costruzioni.*

Tav. 16: **a,** Comet S.p.A. Treviso; **b, h,** F. Rossi - F. Salvi - *Tecnologia e storia dell'edilizia* - Ed. Cremonese - Firenze 1975; **c, d,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **e,** Coeltunnel S.p.A. - S. Giuliano Milanese; **g,** Ditta R. Galimberti - Gerenzano (VA); **i, n,** Pozzi S.p.A. - Milano; **l,** C.I. Cincinnati - Bolzano; **m,** Ditta A. Secco & Figlio - Treviso; **o,** Gang-Nail ABC Europe S.A. - Bruxelles; **p,** Prefabbricati Peruzzi S.p.A. - Montepulciano (SI); **q,** Applicazioni Tecnologiche Speciali - Rovigo; **r,** Ditta Aequator.

Tav. 17: foto dell'autore.

Tav. 18: **a,** F. Franco - F. Reggiani - *Le meraviglie del passato* - Ed. Mondadori - Milano 1955; **b, c,** G. Roisecco - *L'architettura del ferro* - Ed. Bulzoni - Roma 1972; **d, e, f,** Carlton Contractors Ltd. - Epsom - Surrey (Gran Bretagna).

Tav. 19: da **a** a **e,** E. Guidoni - *Architettura primitiva* - Ed. Electa - Milano 1972; **f,** Progettare con le materie plastiche - documenti della riv. *Casabella;* **g,** O. Kleyerkg Minden; **h,** Transilene Units Ltd. - Driffield Yorkshire; **i,** riv. *Domus.*

Tav. 20: foto dell'autore.

Tav. 21: BMB - NV Nederlandsch Bouwsyndicaat - Olanda.

Tav. 22: A. Verdet - *Fernand Legèr* - Ed. Sadea Sansoni - Firenze 1972.

Tavv. 23-24: *Enciclopedia dei ragazzi* - Ed. 1920.

Tav. 25: riv. *L'industria italiana del cemento.*

Tav. 26: riv. *Domus.*

Tav. 27: **a,** *Enciclopedia dei ragazzi* - ed. 1920; **b, c,** *Cento anni di edilizia* - Ed. Moneta - Milano 1963; **d, e,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **f,** Agg. *The constructions of road and pavements* - Ed. Mc Graw Hill book Company inc. - Londra 1929; **g,** Riv. *Il nuovo cantiere.*

Tav. 28: **a,** G. Bawer - *De re metallica;* **b,** G. Roisecco - *L'architettura del ferro* - Ed. Bulzoni - Roma 1972; **c,** Italsider S.p.A. - Genova; **d,** D. Pye - *Fondamenti del design* - Ed. Calderini - Bologna 1974; **e,** I. Bessoni - *Il teatro degl'istrumenti* - Ed. B. Vincenti - Lione 1582; **f,** F. Rossi - F. Salvi - *Tecnologia e storia dell'edilizia* - Ed. Cremonese - Roma 1973; **g. h,** L. Guarneri - *Elementi costruttivi nell'architettura* - Ed. Görlich - Milano 1965; **i,** M. Buraggi-V. Beffa - *Educazione alla tecnica* - Ed. Petrini - Roma 1969.

Tav. 29: da **a** a **i,** *Enciclopedia dei ragazzi* - ed. 1920; **l,** N. Dovey - *Storia del materiale da costruzione* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1961.

Tav. 30: RDB - S.p.A. - Piacenza.

Tav. 31: **a, b,** G. Roisecco - *L'architettura del ferro* - Ed. Bulzoni - Roma 1972; **c, d, e,** fotomontaggi; **f,** G. Rossi & C - Lucca; **g,** M.B.M. Meregaglia S.p.A. - Trezzano sul Naviglio (MI); **h,** Fornaciai s.r.l. - Bologna; **i,** G. De Micheli - *Aspetti tecnici nelle applicazioni del courtain wall* - Arte della stampa - Roma 1970.

Tav. 32: **a,** *Enciclopedia dei ragazzi* - ed. 1920; **b,** M. Petrignani ed altri - *Disegno e progettazione* - Ed. Dedalo - Bari 1967; **c, d,** Riv. *Il nuovo cantiere;* **e, l,** *Cento anni di edilizia* - Soc. Generale Immobiliare - Roma 1963; **f,** Orestein e Koppel - Berlino; **g,** Vianini S.p.A. - Roma; **h,** Astra - Piacenza; **i,** fotomontaggio; **m,** International Building Equipment s.r.l. - Ozzano Emilia (BO); **n,** Outinord S.p.A. - Francia; **o,** A.I.T.E.C. - Roma; **p,** fotomontaggio; **q,** Mac Master Builders S.p.A. - Treviso; **r,** Riv. *Il nuovo cantiere.*

Tavv. 33-34: Ditta A. Secco & figlio - Treviso.

Tavv. 35-36: **a, o,** Riv. *Techniques & Architecture;* **b,** Riv. *Domus;* **c, d, f,** *Enciclopedia dei ragazzi* - Ed. 1920; **e,** Riv. *Abitare;* **g, h,** Riv. *Epites-Epiteszet;* **i,** foto RDB, Piacenza; **l,** Riv. *L'industria dei laterizi;* **m,** *Hünnebeck GmbH* - Düsseldorf (R.F.T.); **n,** *Turbosol* A.I. - Milano; **o,** Riv. *Techniques & Architecture;* **p,** H. Odenhausen - *Einfamilienhäuser in Stahlbauweise* - Verlag Stahleisen m.b.H. - Düsseldorf 1961; **q,** M.B.M. S.p.A. - Trezzano sul Naviglio (Milano); **r,** BASF A.G. - Ludwighafen (R.F.T.); **s,** B.F.M. Bruxelles; **t, u,** M.B.M. Meregaglia S.p.A. Trezzano sul Naviglio (Mi); **v,** Loro Parisini - Milano.

Tav. 37: **a,** grafico; **b,** L. Benevolo - *Storia della città* - Ed. Laterza - Bari 1975.

Tavv. 38-39: **a,** Riv. *Forum;* **b,** Riv. *Bauwelt;* **c,** Riv. *Zodiac;* **d,** Riv. *Bauwelt;* **e,** Otto Kleyer - Minden (R.F.T.); **f,** W. Henn - *Buildings for industry* - Iliffe Books Ltd - Londra 1965; **g,** Riv. *Domus;* **h,** Riv. *Architectural Record;* **i,** Riv. *Architectural* Review.

Tavv. 40-41: **a,** E. Guidoni - *Architettura primitiva* - Ed. Electa - Milano 1972; **b,** K. Fleig - *Alvar Aalto* - Ed. Artemis - Zurigo 1963; **c,** E. Mandolesi - *Divagazioni sul mattone* - Ed. Palombi - Roma 1958; **d,** foto arch. Calini-Montuori; **e,** T. Gaber - *Nuova architettura danese* - Ed. Comunità - Milano 1969; **f,** J.J. Suec - P. E. Jeffers - *Modern Mansory Panel Construction System* - Ed. Cahners Books - Boston 1966; **g,** Riv. *Domus;* **h,** T.S.F. Industrialized Greater Council - Londra; **i,** *Quaderno n. 2* - Facoltà di Ingegneria Cagliari; **l,** A. Galardi - *Architettura italiana contemporanea* - Ed. Comunità - Milano 1967.

Tavv. 42-43: **a,** B. Rudofski - *Architectur without architects* - Ed. Accademy - Londra 1964; **b,** foto dell'autore; **c, d,** *Industrialised Building* - Iliffe Books Ltd - Londra 1966; **e,** B. Zevi - *Spazi dell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973; **f,** Riv. *Finsider;* **g,** M. Vanderberg - *AJ Handbook of building Enclosure* - Ed. the Architectural Press - Londra 1974; **h, i,** M. Bucci - R. Benini - *Palazzi di Firenze* - Ed. Vallecchi - Firenze 1971; **l,** P. L. Nervi - *Costruire correttamente* - Ed. Hoepli - Milano 1975; **m,** Riv. *Domus;* **n,** C. Oddicini S.p.A. Novara.

Tavv. 44-45: **a,** Teiji Itoh - *Nihon Kenchikuno Ne* - Bijutsu Shuppan - Sha, Tokio 1962; **b, g,** A. Drexler - *Mies van der Rohe* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1960; **c,** Preton Prelam, Bureau BBR - Zurigo; **d,** SADI S.p.A. - Vicenza; **e,** Riv. *Lotus;* **f,** Ditta Mischler - Italiana - Novara; **h,** Poltronova s.r.l. - Milano; **i,** Anonima Castelli Sud - Frosinone; **l,** foto Archivio Istituto Architettura edilizia e tecnica urbanistica Facoltà di Ingegneria - Roma.

Tavv. 46-47: **a,** Riv. *Vitrum;* **b,** Riv. *Forum;* **c,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **d,** *Scale italiane in marmo* - Edit - Milano 1962; **e,** A. Galardi - *Architettura italiana contemporanea* - Ed. di Comunità - Milano 1967; **f,** B. Zevi - *Spazi dell'architettura moderna,* Ed. Einaudi - Torino 1973; **g,** Riv. *Vitrum;* **h,** Riv. *L'industria delle costruzioni;* **i,** foto arch. A. Gatti; **l,** Riv. *Architectural Record.*

Tav. 48: **a,** E. Guidoni - *Architettura primitiva* - Ed. Electa - Milano 1972; **b1,** ditta Ariston Fabriano; **b2,** *I plastici rinforzati per l'edilizia* - Balzaretti Modigliani S.p.A.; **c,** Open System Building Ltd-Yorks; **d,** Riv. *Domus.*

Tav. 49: **a,** E. Guidoni - *Architettura primitiva* - Ed. Electa Milano 1975; **b,** Riv. *Techniques & Architecture;* **c, d, e,** Riv. *Domus.*

Tavv. 50-51: **a,** E. Guidoni - *Architettura primitiva* - Ed. Electa Milano 1975; **b,** R.M.E. Diamant - *Industrialised Building 2* - Ed. Iliffe Book Ltd. Londra 1965; **c,** Riv. *L'acciaio;* **d,** ALCO Junior System Byg A.S. - Stilling (Danimarca); **e,** Riv. *Casabella;* **f,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **g,** SCAC Milano; **h,** Riv. *L'Acciaio;* **i,** C. Siegel - *Struttura e forma nell'architettura moderna* - Ed. C.Eli - Bologna 1968; **l,** *Quaderno n° 20* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari - **m, n,** Soc. Mero Italiana - Milano.

Tav. 52: **a, b, c, d,** fotomontaggi; **e,** Ditta Sape - Cartoceto (Pesaro).

Tav. 53: **a,** L. Guarneri - *Elementi costruttivi nell'architettura* - Ed. Görlich - Milano 1965; **b,** *Quaderno n. 17* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari; **c,** f.lli Zappa S.p.A. - Civate di Lecco; **d,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **e, f,** RDB S.p.A. Piacenza; **g, h,** E.M.B.A. - Modugno (BA); **i, l,** SIRAP S.p.A. - Verolanuova (BS); **m,** *Quaderno n. 11* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari.

Tavv. 54-55: **a, d,** Riv. *Baksteem-DNB;* **b,** ditta Focchi Rimini; **c,** G.E.A.I. Parigi; **e,** RDB S.p.A. Piacenza; **f,** M.B.M. Meregaglia S.p.A. Trezzano sul Naviglio (MI); **g,** Blocchi Togni s.a.s. Lainate; **h,** Riv. *Domus;* **i,** FEAL s.a.s. Milano.

Tavv. 56-57: **a, c, d, g, m, p,** fotomontaggi; **b,** foto Archivio Istituto di Architettura, edilizia e tecnica urbanistica Facoltà di Ingegneria di Roma; **e,** SADI - S.p.A. Vicenza; **f,** A. Favaron s.r.l. Milano; **h,** Fibronit - S.p.A. Casale Monferrato; **i,** Italsider - Genova; **l,** Carvali & C. Milano; **n,** Alnor Nord S.p.A. Porzano di Lecco (Brescia); **o,** F.lli Villa s.a.s. Concrezzo (MI); **q,** T.I. S.p.A. Milano; Stimaglio & C. S.p.A. Padova.; **r,** Ferriere Nord S.p.A. Osoppo; **s,** Galante S.p.A. Isoverde (GE); **t,** Soc. Cotecno - Le Bourget (Francia).

Tavv. 58-59: **a, b,** *fotomontaggi;* **c,** *Ilva S.p.A. Genova 1958;* **d,** *Filigree Limited* - *Inghilterra;* **e,** *foto Alinari,* G.R. Collins - *Antonio Gaudí* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1960, Riv. *Abitare;* **f,** Riv. *L'industria italiana del cemento,* A.C.S. (G.B.), Steel Joist Institute - Washington; **g,** Riv. *Finsider;* **h,** Beves Manufacturing Ltd. Harbour (G.B.), Gang Nail - Zurigo, Papa S.p.A. - Sandonà di Piave (TV).

Tav. 60: **a,** AITEC - Roma; **b,** Filigree Limited - Inghilterra; **c,** Riv. *Il nuovo cantiere;* **d,** Lousville Cement Company - Kentucky (USA); **e,** Selchim s.a. Bruxelles; **f,** Ferdiand Plast; **g,** fotomontaggio; **h,** Sacelit - Milano; **i,** Progettare con le materie plastiche - Doc. della Riv. *Casabella.*

Tav. 61: **a,** F. Rossi - F. Salvi - *Tecnologia e storia dell'edilizia* - Ed. Cremonese - Firenze 1974; **b,** Soc. Mero Italiana - Milano; **c,** fotomontaggio; **d,** AITEC Roma; **e,** Algalite - Trezzano sul Naviglio - Milano; **f,** CIR - Napoli; **g,** Riv. *Techniques & Architecture;* **h,** AFL FALCK - Milano; **i,** L. Guarneri - *Elementi costruttivi dell'architettura* - Ed. Görlich - Milano 1965.

Tavv. 62-63: **a,** Riv. *Il Frantoio;* **b,** fotomontaggio; **c,** Riv. *South African Panorama;* **d,** Riv. *L'industria italiana dei*

laterizi; **e, l,** foto Archivio Istituto di Architettura edilizia e tecnica urbanistica della Facoltà di Ingegneria di Roma; **f,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **g,** F.L. Smidhh ECO.A.S. Copenaghen; **h,** L. Guarneri - *Elementi costruttivi nell'architettura* - Ed. Görlich - Milano 1965; **i,** Binischells - S.p.A. Milano; **m,** Ilva S.p.A. Genova; **n,** fotomontaggio.

Tavv. 64-65: **a,** Lloyd-Muller-Martin - *Architettura mediterranea preromana* - Ed. Electa Milano 1972 - **b,** foto Anderson; **c,** L. Gradecki - *Architettura gotica* - Ed. Electa - Milano 1976; **d,** M. Tafuri - *Jacopo Sansovino* - Ed. Marsilio - Padova 1969; **e,** K. Fleig - *Alvar Aalto* - Ed. Artemis - Zurigo 1963; **f,** P. C. Johnson - *Mies van der Rohe* - Ed. Museum of modern art - New York 1947; **g,h,** A. Galardi - *Architettura Italiana contemporanea* - Ed. di Comunità Milano 1966; **i,** E. Mandolesi - *Divagazioni sul mattone* - Ed. Palombi - Roma 1958.

Tav. 66: Riv. *Forum.*

Tav. 67: Riv. *Domus.*

Tav. 68: **a,** W. Blaser - *Mies van der Rohe* - Ed. Artemis - Zurigo 1965; **b,** L. Hilberseimer - *Mies van der Rohe* - Ed. P. Theobaldan Company - Chicago 1956.

Tav. 69: foto dell'autore.

Tav. 70: **a,** Riv. *Forum;* **b,** Lloyd - Muller-Martin - *Architettura mediterranea preromana* - Ed. Electa Milano 1972; **c,** L. Guarneri - *Elementi costruttivi nell'architettura* - Ed. Görlich - Milano 1965; **d,** G. Pieresca - *Il legno* - Ed. Hoepli - Milano 1955; **e,** R. Mollmann - *Saper Costruire* - Ed. Mursia Milano 1962; **f,** Ditta S. Rossi - Roma; **g,** Loro & Parisini S.p.A. Milano; **h,** Riv. *Il nuovo cantiere;* **i,** Anderson Mavor Limited - Motherwell - (G.B.).

Tav. 71: **a,** E. Guidoni - *Architettura primitiva* - Ed. Electa Milano 1972; **b, d,** *Enciclopedia dei ragazzi* - Ed. 1920; **c,** *Enciclopedia Universo* - Ed. Istituto Geografico De Agostini Novara 1974; **e,** Riv. *L'industria delle costruzioni;* **f,** *Strabruken ab - Stoccolma;* **g,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **h,** M. Petrignani ed altri - *Disegno e progettazione* - Ed. Dedalo - Bari 1967; **i,** Ditta L. Notari - Milano.

Tav. 72: **a,** Riv. *Progressive Architecture;* **b,** Soc. Bâtir - Parigi; **c,** R.D.B. S.p.A. Piacenza - **d,** Italsider S.p.A. Genova; **e,** *Enciclopedia della scienza e tecnica* - Ed. Mondadori - Milano 1963; **f,** Riv. *Ideal Standard;* **g,** Pozzi S.p.A. Milano; **h,** Zoppas-Conegliano (TV).; **i,** *Annuario delle materie plastiche* Ed. L'industria - Milano 1965.

Tav. 73: **a,** G. Picard - *Architettura romana* - Ed. Il Parnaso - Milano 1966; **b,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **c,** All-beton - System AB Skånka Cementgjuteriet - Malmoe; **d,** B. Zevi - *Cronache di architettura* - Ed. Laterza Bari 1975; **e,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **f,** Riv. *Architectural record;* **g,** fotomontaggio; **h,** F. Rossi - F. Salvi - *Tecnologia e storia dell'edilizia* - Ed. Cremonese - Firenze 1973.

Tav. 74: **a,** foto Fides; **b,** B. Rudofsky - *Architecture without architects* - Ed. Accademy - Londra 1964; **c,** Riv. *Abitare;* **d,** Riv. *Domus;* **e,** Riv. *Techniques & Architecture;* **f,** *Quaderno n° 20* - Facoltà di Ingegneria Cagliari; **g,** Riv. *Finsider;* **h,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **i,** M. Bucci - R. Benini - *Palazzi di Firenze* - Ed. Vallecchi - Firenze 1971, Grigliati Viotto - Bresso (MI), Vetraria Modigliani Balzaretti.

Tav. 75: **a,** Riv. *Abitare,* A.C.S. (G.B.), B. Zevi - *Spazi nell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973; **b,** *Il rame nell'architettura: i tetti* - Ed. Cisar Milano 1964, *Quaderno n° 2* - Facoltà di Ingegneria Cagliari, *L'acciaio nell'edilizia moderna* - Ed. Italsider - Genova 1968; **c,** *Acciaio e materiali complementari* - Ed. Italsider - Genova 1971, Unibond Ltd. - Gamberley (G.B.); **d,** *Acciaio e materiali complementari* - Italsider - Genova 1971, *Enciclopedia delle scienze e della tecnica* - Ed. Mondadori - Milano; **e,** York Stone firms - Ltd. Halifax (G.B.), Prefisa S.p.A. Buttapietra di Verona, F. Rossi - F. Salvi - *Tecnologia e storia dell'edilizia* - Ed. Cremonese - Firenze 1973; **f,** The Expanded Metal Company Ltd. Londra, Larsen & Nillsen Enterprise - A/S Birkerod (Danimarca), SCAC S.p.A. Milano; **g,** Fischer Italiana s.a.s. Padova, foto Archivio Istituto Architettura edilizia e tecnica urbanistica Roma, Riv. *Casabella;* **h,** Fracasso officine (VE), H. Odenhausen - *Einfamilienhäuser in Stahlbauweise* - Verlag Stahleisen m.b.H. - Düsseldorf 1961, Riv. *L'industria italiana del cemento;* **i,** Bergvik och ala AB-Soderhamn, Automated building components (U.K.) Ltd. Farnham (G.B.), SCAC S.p.A. Milano.

Tav. 76: **a,d,g,l,** fotomontaggi; **b,** *Enciclopedia Universale dell'arte vol. I - Ed. Sansoni - Firenze 1958;* **c,** F. Franco - F. Reggiani - *Le meraviglie del passato* - Ed. Mondadori - Milano 1955; **e,** D. Volpi - *I Quindici* - Ed. Field Enterprise Education Corporation - Chicago 1964; **f,** Italsider S.p.A. Genova; **h,n,** E. Guidoni - *Architettura Primitiva* - Ed. Electa - Milano 1975, **i,** foto archivio Istituto di Architettura edilizia e tecnica urbanistica Facoltà di Ingegneria di Roma; **m,o,** *Enciclopedie dei ragazzi* - Edizioni del 1920.

Tav. 77: **a,c,d,** foto Turistforeningen for Denmark - Lehnert & Landrock - Mariani; **b,** Foto Archivio Istituto di Architettura edilizia e tecnica urbanistica della Facoltà di Ingegneria di Roma; **e,** E. Guidoni - *Architettura Primitiva* - Ed. Electa - Milano 1975; **f,** M. Bucci - R. Bernini - *Palazzi di Firenze* - Ed. Vallecchi - Firenze 1971; **g,** Riv. *Ottagono;* **h,** Riv. *Architecture;* **i,** F. Masi - *La pratica delle costruzioni metalliche* - Ed. Hoepli - Milano 1963, G. Albenga - *Moderni ponti stradali in acciaio* - Ed. UISAA - Milano 1955.

Tav. 78: **a,** E. Guidoni - *L'architettura primitiva* - Ed. Electa Milano 1975; **b,** fotomontaggio; **c,** foto dell'autore; **d,** R.M.D. Diamant - *Industrialised Building* Ed. Iliffe Books - Ltd Londra 1968; **e,** ILVA S.p.A. Genova; **f,** *Industrializzazione e prefabbricazione nell'edilizia scolastica* - Ed. AITEC - Roma; **g,i,** *Industrialised building system of housing* - Ed. A.G.M. Dietz - L.S. Cutler - Londra 1970; **h,** Portes des Lilas Consortium d'Enterprise de Travaux - Sucy on Brie - France.

Tav. 79: **a,c,** G. Picard - *Architettura romana* - Ed. Il Parnaso - Milano 1966; **b,** foto Riccoboni - Milano; **d,** *Enciclopedia universale dell'arte* - Ed. Sansoni Firenze 1958; **e,** fotomontaggio; **f,** B. Lowry - *L'architettura rinascimentale* - Ed. Rizzoli - Milano; **g,** *Eero Saarinen on his work* - Ed. Revised Londra 1968; **h,** Vibrocementi Bologna S.p.A., A. Petrignani - *Tecnologia dell'architettura* - Ed. Görlich - Milano 1967; **i,** *Cento anni di edilizia* - Ed. Soc. Generale Immobiliare - Roma 1963.

Tav. 80: **a,b,** G. Roisecco - *L'architettura del ferro* - Ed. Bulzoni - Roma 1972; **c,** foto ing. P.L. Nervi; **d,e,** *Eero Saarinen on his work* - Ed. Revised Londra 1968; **f,** H. Seymon Howard - *Structure an architect's approach* - Ed. McGraw Hill Londra 1966; **g,** Riv. *Bauen + Wohnem;* **h,** A. Hodgkinson - *AJ Handbook of Building: Structure* - The Architectural Press - Londra 1974.

Tav. 81: **a,** fotomontaggio; **b,** K. Wachsmann - *Una svolta nelle costruzioni* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1969; **c,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **d,** Torroja - *La concezione strutturale* - Ed. UTET - Torino 1966; **e,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **f,** fotomontaggio; **g,** *Problemi delle costruzioni in acciaio* - Università degli Studi di Roma Facoltà di Architettura - Istituto di Tecnica delle Costruzioni - Ed. Cremonese - Roma 1967; **h,** Mero Italiana - Milano; **i,** Riv. *Domus,* J. McHale - *R.B. Fuller* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1964; **l,** Riv. *Zodiac.*

Tav. 82: **a,** *Enciclopedia della scienza e della tecnica* - Ed. Mondadori - Milano; **b,e,** C. Faber - *The shell builder* - Ed. Rheinold Publishing Corporation; **c,** C. Roland - *Frei Otto Structures* - Ed. Longman Group Limited - Londra

1970; **d,** R. Fleig - *Alvar Aalto* - Ed. Artemis - Zurigo 1963; **f,** J. Joediche - *P.L. Nervi* - Ed. di Comunità - Milano 1957; **g,** V. Scully jr. - *L'architettura moderna* - Ed. Rizzoli - Milano 1963; **h,** *Cento anni di Edilizia* - Ed. Soc. Generale Immobiliare - Roma 1963; **i,** Riv. *Architectural forum.*

Tav. 83: **a,** Riv. *Domus;* **b,e,** Department of the Environment - *Air structures* - Her Majesty's Stationery Office - Londra 1971; **c,** B. Zevi - *Cronache di Architettura* - Ed. Laterza - Bari 1970; **d,** Riv. *Techniques & Architecture;* **f,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **g,** Fried Krupp G.M.B.H. - Universalbond - Essen - (R.F.T.).

Tav. 84: **a,** E. Comesasca - *Storia della casa* - Ed. Rizzoli - Milano 1968; **b,** foto S. Christensen - Nykobing F. (Danimarca); **c,d,** M. Quantrill - *Ritual and response in Architecture* - Ed. L. Humphriers - Londra 1974; **e,** *Quaderno n° 20* - Facoltà di Ingegneria di Cagliari.

Tav. 85: **a,** foto Archivio Istituto di Architettura edilizia e tecnica urbanistica - Facoltà di Ingegneria di Roma; **b,** foto Quiresi, **c,** C. Habacher; *L'architettura medioevale* - Ed. Rizzoli - Milano 1964; **d,** foto Anderson; **e;** P.L. Nervi - *Nuove strutture* - Ed. di Comunità - Milano 1968; **f,** W. Zuck-R.H. Clark - *Kinetic Architecture* - Van Nostrand Reinhold Company - New York 1970; **g,** B. Virdis - *Sistemi statici in architettura* - Ed. Cataldi - Cagliari.

Tav. 86: **a,** E. Guidoni - *Architettura primitiva* - Ed. Electa - Milano 1975; **b,** J.B. Ward-Perkins - *Architettura Romana* - Ed. Electa - Milano 1974; **c,** M. Ragon - *La citè de l'an 2000* - Ed. Castemar - Belgio 1968; **d,** Binischell S.p.A. Milano; **e,** *Eero Saarinen on his work* - Yale University Press - Londra 1968; **f,h,** Progettare con le materie plastiche - Doc. Riv. *Casabella;* **g,** C. Siegel - *Struttura e forma nell'architettura moderna* - Ed. V. Celi - Bologna 1968.

Tav. 87: **a,** foto Cipriani; **b,** G. Roisecco - *L'architettura del ferro* - Ed. Bulzoni - Roma 1972; **c,** B. Zevi - *Spazi nell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973; **d,g,h,** Riv. *Techniques & Architecture;* **e,** Riv. *L'acciaio inossidabile;* **f,** F. Zago - *Il cemento precompresso in architettura* - Ed. Cluvia - Venezia 1968.

Tav. 88: **a,** Fried Krupp GmbH - Universalbeton - Essen (RFT); **b,** Riv. *Domus;* **c,** Wülfing und Hauck (RFT); **d,** Department of the Environment - *Air structures* - Her Majesty's Stationery Office - Londra 1971.

Tav. 89: **a,** S. Beretta - *I Quindici, vol. V* - Field enterprises education corporation - Chicago (USA) 1964; **b,f,** *Eero Saarinem on his work* - Yale University Press - Londra 1968; **c,d,g,h,** C. Roland - *Frei Otto Structures* - Ed. Longman Group Ltd. - Londra 1970; **e,** Riv. *L'industria delle costruzioni.*

Tav. 90: **a,** foto Modiglioni; **c,** E. Guidoni - *Architettura primitiva* - Ed. Electa - Milano 1975; **d,** E. Mandolesi - A. Cau *Edilizia per l'agricoltura* - Ed. UTET - Torino 1964; **e,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **f,** Riv. *Baumeister;* **g,h,** *Eero Saarinen on his work* - Yale University Press - Londra 1968; **i,** F.lli Moruzzi - Arclegno - Trento; **l,** B. Zevi - *Spazi dell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973; **m,** E. Tempel - *Nuova architettura giapponese* - Ed. di Comunità - Milano 1969; **n,** M. Webb - *Architecture in Britain to day* - Ed. Country life books - Londra 1969.

Tav. 91: **a,b,d,** *Enciclopedia universale dell'arte* - Ed. Sansoni - Firenze 1958; **c,** foto SEF.

Tav. 92: **a,** foto Ficarelli; **b,** *Enciclopedia Universale dell'arte* - Ed. Sansoni - Firenze 1958; **c,** M. Webb - *Architecture in Britain to day* - Ed. Country life books - Londra 1969; **d,** M.B.M. Meregaglia S.p.A. - Trezzano sul Naviglio (MI); **e,** E. Comesasca - *Storia della casa* - Ed. Rizzoli - Milano 1968.

Tav. 93: **a,** Riv. *Abitare;* **b,** A. Sartoris - *Gli elementi dell'architettura funzionale* - Ed. Stucchi - Milano 1947; **c,** V. Scully jr. *L'architettura moderna* - Ed. Rizzoli - Milano 1963; **d,** L. Hiberseimer - *Mies van der Rohe* - Ed. P. Theobald Company - Chicago 1956; **e,** *Eero Saarinen on his work* - Yale University Press - Londra 1968.

Tav. 94: **a,g,** *Enciclopedia Universale dell'arte* - Ed. Sansoni - Firenze 1958; **b,** B. Rudofski - *Architecture without architect* - Ed. Accademy - Londra 1964; **c,** foto G. Bucaro (PA); **d,** foto Fototeca Unione; **e,** foto F.lli Alinari - Firenze; **f,** Quiresi; **h,** E. Mandolesi - *Divagazioni sul mattone* - Ed. Palombi - Roma 1958; **i,** foto Hervé.

Tav. 95: **a,l,** M. Vanderberg - *A.J. Handboock of Building Enclosure* - Ed. The Architectural Press - Londra 1974; **b,** Alumetal S.p.A. - Milano; **c,** Hitchoock, Lloyd e altri - *L'architettura nei secoli* - Ed. Mondadori - Milano 1965; **d,** *Il rame nell'architettura: i tetti* - Ed. CISAR - Milano 1964; **e,g,** Riv. *Domus;* **f,** Riv. *Abitare;* **h,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **i,** foto Hervé.

Tav. 96: **a,** foto archivio Istituto di Architettura edilizia e tecnica urbanistica della Facoltà di Ingegneria di Roma; **b,** Hebel Gasbeton werk - Eummerg (RFT); **c,** R.M.E. Diamant - *Industrialised building 3* - Ed. Iliffe Books Ltd. - Londra 1968; **d,f,** Moesch Singerlandwerke A.G. - Siegen (RFT); **e,** Riv. *Bauen in Stahl;* **g,** Trocal Kaltdack (RFT); **h,** Pandolfo Alluminio - Padova; **i,** Komarek S.p.A. - Rovereto.

Tav. 97: **a,** Sacelit - Milano; **b,** Braas & Co. GmbH - Francoforte sul Meno; **c,** *Quaderno n. 2* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari; **d,** foto dell'autore; **e,** Tkiokol Gesellschaft mbN - Mannheim (RFT); **f,** Soprochim S.p.A. - Milano; **g,** Algalite - Trezzano sul Naviglio (MI); **h,** Ceramica Marcolini S.p.A. - Misano Gera d'Adda (BG); **i,** foto dell'autore.

Tav. 98: **a,** a destra, Translin Units Ltd. - Londra; **a,** (a sinistra), **g,h,** New Ways of Servicing Building - Ed. Architectural Press - Londra 1974; **b,** foto dell'autore; **c,** fotomontaggio; **d,** S.C.S.D. Educational facilities laboratories - New York; **e,** Riv. *Architectural Record;* **f,i,** fotomontaggi.

Tav. 99: **a,** foto Simei - Milano; **b,** Mamoli Robinetterie S.p.A. - Milano; **c,** Sacelit - Milano; **d,** foto G. Carrara; **e,** Hoesch Siegerlanwerke - Siegen (RFT); **f,** M. Vandenberg - *A.J. Handbook of Building Enclosure* - Ed. The Architectural Press - Londra 1974; **g,** M.B.M. Meregaglia S.p.A. - Trezzano sul Naviglio - Milano; **h,** foto dell'autore; **i,** Gruppo Montedison - Montedil - Milano.

Tavv. 100-101-102-103: **a,** *Enciclopedia Universale dell'arte* - Ed. Sansoni - Firenze 1958; **b,** M. Bucci - R. Benini - *I palazzi di Firenze* - Ed. Vallecchi - Firenze 1973; **c,** *Alvar Aalto* - Ed. Artemis Zurigo 1963; **d,** foto dell'autore; **e,g,** PREWI - Schweiz - Wintherthur - Zurigo; **f,h,** Riv. *L'industria italiana del cemento;* **i,** SABE, S.p.A. Milano; **j,** Riv. *Abitare;* **k,** *L'acciaio nell'edilizia moderna* - Italsider - Genova; **l,m,** S. Rossi - *Puglia e Basilicata* - Ed. Officina - Firenze 1974; **n,** Riv. *Abitare;* **o,** E. Mandolesi - *Divagazioni sul mattone* - Ed. Palombi - Roma 1958; **p,** foto G. Carrara; **q,** Riv. *Global Architecture;* **r,** fotomontaggio; **s,** *Enciclopedia Universale dell'arte* - Ed. Sansoni - Firenze 1958; **u,** Riv. *Global Architecture;* **v,** P. Rudolph - *The Architecture of Paul Rudolph* - Thaines and Hudson - Londra 1970; **w,** K. Fleig - *Alvar Aalto* - Ed. Artemis - Zurigo 1963; **x,** Riv. *Global Architecture;* **y,** P.L. Nervi - *Costruire correttamente* - Ed. Hoepli - Milano 1964; **z,** B. Zevi - *Spazi dell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973.

Tav. 104: **a,** *Puglia, Lucania, Calabria* - Ed. Touring Club - Milano 1973; **b,** M. Bucci R. Benini - *Palazzi di Firenze* - Vallecchi - Firenze 1973; **c,** M. e M. Fagioli dell'Arco - *Bernini* - Ed. Bulzoni - Roma 1967; **d,** B. Zevi - *Spazi dell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973.

Tav. 105: **a,b,d,** Riv. *Global Architecture;* **c,** E. Camesasca - *Storia della casa* - Ed. Rizzoli - Milano 1968.

Tav. 106: **a, d, e**, G. M. Oliveri - *Prefabbricazione o metaprogetto edilizio* - Ed. Etas - Kompass - Milano 1968; **b**, Grafico; **c**, E. Neufert - *Industrializzazione edilizia* - Edizioni - Tecniche Bauverlag - Milano 1965.

Tav. 107: **a, b, c, d**, *Industrialised Building System for Housing* - Ed. A.G.H. Dietz - L.S. Cuter - Londra 1970; **e**, D. Chenut - *Ipotesi per un habitat contemporaneo* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1968.

Tav. 108: **a, b**, B. Kelly - *The Prefabrication of Houses* - The Massachusetts Institute of Techonology - Boston 1951; **c**, Giedion - *L'era della meccanizzazione* - Ed. Feltrinelli - Milano 1967; **d**, A. Petrignani - *Tecnologie dell'architettura* - Ed. Görlich - Milano 1967; **e**, G. Roisecco - *L'architettura del ferro* - Ed. Bulzoni - Roma 1972; **f**, K. Wachsmann - *Una svolta nelle costruzioni* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1960; **g, h**, Riv. *Techniques & Architecture;* **i**, E. Frateili - *Una autodisciplina per l'architettura* - Ed. Dedalo - Bari 1973.

Tav. 109: **a**, Le Corbusier - *Opera completa* - Ed. Girsberger - Zurigo 1953; **b**, W. Blasca - *Mies van der Rohe* - Ed. Artemis - Zurigo 1965; **c**, A. Petrignani - *Tecnologie dell'architettura* - Ed. Görlich - Milano 1967, L. Benevolo - *Storia della città* - Ed. Laterza - Bari 1975; **d**, W. Boesiger - *Richard Neutra* - Ed. Gisberger - Zurigo 1951; **e**, A. Roth *La nouvelle architecture* - Ed. Gisberger - Zurigo 1947; **f**, J. Prouvè - *Une architecture par l'industrie;* Ed. Artemis - Zurigo 1971; **g**, E. Frateili - *Una autodisciplina per l'architettura* - Ed. Dedalo - Bari 1973; **h, i**, Riv. *Techniques & Architecture.*

Tav. 110: da **a** a **f**, K. Wachsmann - *Una svolta nelle costruzioni* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1960; **g, h. i**, J. McHole - *R. Buckmister Füller* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1964.

Tavv. 111-112: **a, b, c**, P. L. Nervi - *Costruire correttamente* - Ed. Hoepli - Milano 1964; **d, e, f**, F. Zago - *Il cemento armato precompresso in architettura* - Ed. Cluva - Venezia 1968; **g, h, i**, foto dell'autore; **l, m, n**, *Quaderno n° 9* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari; **o, p, q**, Riv.. *L'industria italiana del cemento;* **r**, Delta Homes Corporation - Indiana (USA); **s**, Soc. Cotecno - Le Bourget (Francia); **t**, M.B.M. Meregaglia S.p.A. - Trezzano sul Naviglio - Milano.

Tavv. 113-114-115-116: Larsen & Nillsen Entreprise - A/S - Birkeröd (Danimarca).

Tav. 117: Procede Pascal Grenoble (Francia).

Tav. 118: Metastadt - Monaco di Baviera (R.F.T.).

Tavv. 119-120: da **a** a **d**, Outinord S.p.A. - Parigi; **e, f**, Hümebeck-Midec S.p.A. - Milano; **g**, B. Kelly - *The prefabrication of houses* - Ed. Massachusetts Institute of Techonology - Boston 1951; **h**, Grandi Lavori S.p.A. - Roma.

Tav. 121: Binishells S.p.A. - Milano.

Tav. 122: *Quaderno n° 5* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari.

Tavv. 123-124: Metodo Oxford - Nuovo Pignone Firenze.

Tavv. 125-126: *Quaderno n° 19* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari.

Tavv. 127-128: G.M. Oliveri - *Prefabbricazione o metaprogetto edilizio* - Ed. Etas - Kompass - Milano 1968.

Tavv. 129-130-131-132: A.F.O.B.A. - Teheran.

Tav. 133: **a**, J. Prouvè - *Une architecture par l'industrie* - Ed. Artemis - Zurigo 1971; **b**, Magnet Joinery ltd. - Keighley (Gran Bretagna); **c**, Gang-Nail - Zurigo; **d**, Progettare con le materie plastiche - doc. della Riv. *Casabella;* **e**, Cividini Prefabbricati S.p.A. - Orio Sopra (Bg); **f**, Riv. *Baksteen DNB;* **g, h. i**, Soc. Cotecno - Le Bourget; **l**, Alsco-Malugani - Cinisello Balsamo (MI).

Tav. 134: **a**, S.A. Guirandie & Auffeve - Parigi; **b**, Prefabbricati Sacie - Milano; **c, d**, Holzbau S.p.A. Bressanone; **e**, A.S.B. Alustructur SA Lugano; **f**, *Quaderno n° 16* - Facoltà di Ingegneria di Cagliari; **g**, Riv. *Domus;* **h**, *Quaderno n° 5* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari; **i**, Riv. *Finsider* - (sistema Mel-issa).

Tav. 135: Riv. *L'industria italiana del cemento.*

Tav. 136: **a**, Riv. *L'industria italiana del cemento;* **b**, Indulex-Creater - London Council Londra; **c**, SCSD - Educationel facilities Laboratories - New York; **d**, RDB S.p.A. - Piacenza.

Tav. 137: **a**, SMP (Lockwall) Limited - Middlesex (Gran Bretagna); **b**, Valsorda Legnami - Brenna (Como); **c**, A.C.S (G.B.). **d**, Oligschläger - Raumzellen - Mendig (RFT); **e**, Mero Italiana S.p.A. - Milano.

Tav. 138: FEAL s.a.s. Milano.

Tav. 139: **a, b, c**, *Italy: The new domestic landscape* - The Museum of Modern Art.-New York - Ed. E. Ambasz 1972; **d, e, f**, Gruppo Montedison Montedil - Milano.

Tavv. 140-141: *Studio e ricerca per l'inserimento delle strutture e degli elementi costruttivi in acciaio nel processo dell'industrializzazione edilizia a ciclo aperto* - Ed. La Tipografica Leberit - Roma 1972.

Tavv. 142-143-144: S.p.A. Sinpre Milano.

Tav. 145: **a**, *Studio e ricerca per l'inserimento delle strutture e degli elementi costruttivi in acciaio nel processo dell'industrializzazione edilizia a ciclo aperto* - Ed. La Tipografica Leberit - Roma 1972; **b, c**, foto ing. F. Di Varmo.

Tav. 146: Allbeton system - AB. Skånska Cementgjuteriet - Malmöe.

Tav. 147: **a, d, e, f, g**, Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **b**, B. Zevi - *Spazi dell'architettura moderna* - Ed. Einaudi - Torino 1973; **c**, W. Hofman U. Kulterman - *Architettura moderna* - Ed. Istituto Geografico de Agostini - Novara 1969.

Tav. 148: **a, b**, Riv. *Domus;* da **c**, a **f**, *Quaderno n° 16* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari.

Tav. 149: da **a**, a **d**, Riv. *Techniques & Architecture;* **e**, Riv. *Domus.*

Tav. 150: M.V.R. San Sisto - Perugia.

Tav. 151: Soc. Bâtir - Parigi.

Tav. 152: Grandi Lavori S.p.A. - Roma.

Tav. 153: da **a**, a **f**, Riv. *Techniques & Architecture;* **g, h, i**, Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*

Tav. 154: **a**, Beaufort (Air-Sea) Equipment Ltd - Handley page Ltd - Gran Bretagna; **b**, Fried Krupp GMBH -

Universalbau - Essen; **c, e,** Riv. *Techniques & Architecture;* **d, f, g, h,** *Italy: The new domestic Landscape* - The Museum of Modern art - New York - Ed. E. Ambasz 1972.

Tavv. 155-156: **a,** Atti XII Congresso Nazionale ANDIL - Roma; **b,** foto dell'autore; **c,** Secco S.p.A. Treviso; **d, e,** W. Blaser - *Mies van der Rohe* - Ed. Artemis - Zurigo 1965; **f, g,** *Italy: The new domestic landscape* - The Museum of Modern art - New York - Ed. E. Ambasz 1972; **h,** K. Wachsmann - *Una svolta nelle costruzioni* - Ed. Il Saggiatore - Milano 1960; **i,** Riv. *Finsider;* **l, n,** *Quaderno n° 11* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari; **m,** Impresa Eugenio Grassetto s.a.s. - Padova; **o,** UISAA - Milano; **p,** grafico; **q,** Mero Italiana - Milano; **r, s,** E. Popko - *Geodesic* - Ed. University of Detroit Press - Detroit 1968.

Tav. 157: **a,** Castelli S.p.A.; Bologna, **b, c, d,** Riv. *Techniques & Architecture.*

Tav. 158: *Italy: The new domestic landscape* - The Museum of Modern Art - New York - Ed. E. Ambasz 1972.

Tav. 159: **a, b, c,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **d,** Riv. *Werk;* **e,** Riv. *Americana;* **f,** F. Otto - *Zugbeanspruchte Konstruktionen* - Ed. Ullstein Fachverlag - Francoforte 1962; **g, h,** Riv. *L'industria delle costruzioni.*

Tavv. 160-161: Riv. *L'industria italiana del cemento.*

Tav. 162: Riv. *Acciaio.*

Tav. 163: Association European Oceanique - Tecnomare - Venezia.

Tavv. 164-165: Riv. *Bauen* + Wohnen - Riv. *Japan Architecture.*

Tav. 166: Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*

Tav. 167: **a,** C. Roland - *F. Otto Structures* - Ed. Longman Group Limited - Londra 1970 - da **b** a **g,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui.*

Tav. 168: **a, b, g, h, i,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **c, d, e, f,** Autori Vari - *Architecture formes functions* - Ed. Anthony Krafft - Losanna 1971.

Tav. 169: da **a,** a **d,** Riv. *L'architecture d'aujourd'hui;* **e, f,** Riv. *Zodiac.*

Tav. 170: **a, b, c,** *Quaderno n° 20* - Facoltà di Ingegneria - Cagliari; **d, e,** Riv. *Bauen + Wohnen.*

Tav. 171: Riv. *L'acciaio.*

Tavv. 172-173: Riv. *L'industria italiana del cemento.*

Tav. 174: Riv. *Domus.*

Tav. 175: W. Zuck - R.H. Clark - *Kinetic Architecture* - Ed. Van Nostrand Reinhold - New York 1970.

Tavv. 176-177: Riv. *L'europeo.*